

ТЕНСЕГРИТИ (TENSEGRITY) по Р. Бакминстеру Фуллеру

Copyright 1961 R. Buckminster Fuller

Перевод: © Дмитрий Алексеев

Оглавление¹

ПРИМЕЧАНИЕ ОТ RWG.....	2
ПАТЕНТЫ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ.....	5
ПРОИСХОЖДЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ	9
ПРОВОЛОЧНЫЕ КОЛЕСА	12
НАТЯЖЕНИЕ VS. СЖАТИЕ	13
ЗАКОН СИСТЕМ.....	15
ЧЕТВЕРТОЕ, ПЯТОЕ И ШЕСТОЕ ИЗМЕРЕНИЯ.....	19
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ТЕНСЕГРИТИ И СПУТНИКИ ЗЕМЛИ	25
ТЕНСЕГРИТИ В АТОМНЫХ СТРУКТУРАХ	28
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ	33
ДРУГИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	35

¹ В оригинальном тексте оглавление отсутствует, здесь представлено для удобства.

Примечание от RWG²:

Эта работа появилась в № 4 Ежегодника Новостей Портфолио и Искусства (Portfolio and Art News Annual) за 1961 год. В дополнение к этой статье есть сопровождающее введение от Джона Макхейла (John McHale). Здесь воспроизведена лишь статья Tensegrity в соответствии с имущественными правами на наследие Р.Бакминстера Фуллера.

Была предпринята попытка воспроизвести иллюстрации, содержащиеся в статье. Очевидно, что в этом деле я имел различную степень успеха. Пожалуйста, смотрите оригинальную статью с полноразмерными и наивозможно отчетливыми иллюстрациями.

Для того, чтобы сделать этот документ быстро загружаемым, я удалил все картинки и разместил их в отдельных файлах. Чтобы посмотреть картинку, кликните ее подчеркнутое название, в тексте. Для просмотра всех картинок последовательно, кликните сюда (<http://www.rwgrayprojects.com/rbfnodes/fpapers/tensegrity/figs.html>). Заметьте, что Р.Б.Фуллер не представил все картинки в этом тексте. Таким образом, для того, чтобы посмотреть все картинки, вам будет нужно просматривать их в последовательном порядке, как было сказано³.

Данные о правах на первые две фотографии:

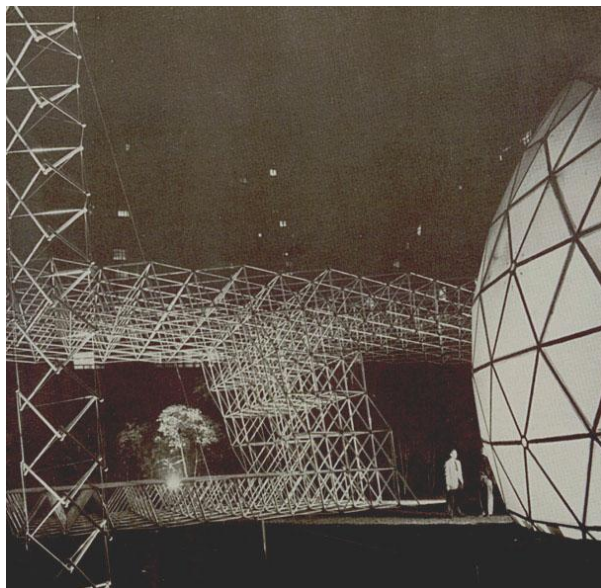
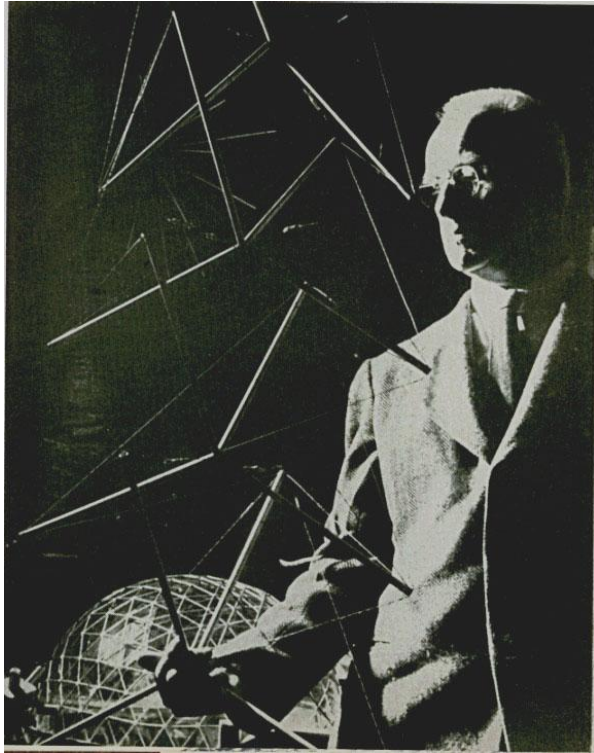
Copyright 1960 Allegra Fuller Snyder
Courtesy, Buckminster Fuller Institute, Santa Barbara.

Данные о правах на все остальные картинки:

Copyright 1960 Allegra Fuller Snyder
Courtesy, Buckminster Fuller Institute, Santa Barbara.

² RWG – судя по всему, ресурс <http://www.rwgrayprojects.com/rbfnodes/fpapers/tensegrity/tenseg01.html>, от автора Роберта Грея (Robert W. Grey), разместившего книгу Tensegrity. Между тем, при попытке перейти на чистый URL этого ресурса (rwgrayprojects.com) почему-то выдается сообщение о его зараженности троянской программой.

³ Между тем, в русском переводе Tensegrity англоязычные картинки, с переводами внутри них, предполагаются в самом тексте, дабы не нарушать целостность последнего, а не вошедшие в текст картинки – сразу после него, по оставшимся номерам (здесь и далее – примечания переводчика; расшифровки содержания и внутритекстовые примечания выделены квадратными скобками «[]»).



Обычно забывается, что постоянные клиенты [patrons] архитекторов, инженеров и профессиональных мастеров являются первейшими дизайнерами своих проектов. Им принадлежит концептуализация, воля к действию, инициатива и определение границ. Зачинатели [conceivers] великих индустрий и их транснациональных моделей были великими дизайнерами-модельерами последнего мирового века. Те, кто были успешными дизайнерами мировой индустрии, также были носителями мощной анархической власти.

В этом последнем столетии многие зачинатели и концепт-исследователи не жалеют подчиняться своей клиентуре, чтобы не идти на компромисс с ними в потенциале собственных починов. Под мощной экономической сетью, сотканной крупными промышленными зачинателями, экономическое выживание было трудно для вольных художников – ради него они и существовали.

В течение длительной эволюции фундаментальных прав человека и медленного подавления этих прав в защитных кодах общества, выпуск письменного патента для тех лиц, кто по собственной инициативе добился успеха в приросте общего благосостояния, был характерен для всех правительств в качестве общего образа действия. Абсолютные монархи и республики одинаково вознаграждали своих представителей временными монополиями для пополнения и восстановления их творческих ресурсов. Патенты действуют в России и за пределами Железных и Бамбуковых занавесов; патенты действуют в Западном мире. Патенты не действуют, однако, между этими двумя мировыми регионами.

Среди прочих фундаментальных экспериментов, которые я проводил в течение последних сорока лет, была проверка способности отдельной личности достичь оригинальных формулировок и инициировать их реализацию в мировом экономическом моделировании – без какого-либо компромиссного прямого патронажа [со стороны клиентов] либо политически ангажированного властного диктата. Казалось, что единственная возможность так сделать находится в направлении патентов, защищенных исключительно за счет собственных экономических средств изобретателя. Поскольку мне посчастливилось подружиться со многими художниками исключительной личностной и оригинальной концептуальной инициативы, и поскольку мне посчастливилось получить многолетний опыт не только в области патентного законодательства, но и в области защиты патентов, их эксплуатационного обеспечения и широких экономических последствий держания патента в наиновешую эпоху крупных правительств и крупных корпораций (затруднивших, из-за завесы официальной секретности, беспрецедентное техническое ускорение нашей эпохи), я готов обсудить экономическую безопасность художников и их потенциал объединения усилий, как это давно сделала медицинская профессия, в благоприятных реализациях для мировой демократии, составляющей неотъемлемую часть дополненной художниками предвосхищающей компетенции.

Печален тот факт, что мир патронируемого дизайна [мир дизайна под покровительством клиентов] является последней территорией общепринятого социального поведения, где пиратство считается этичным. Меценаты нанимают дизайнеров ради кражи работ их конкурентов. Меценаты нанимают дизайнеров для того, чтобы красть у других, непрофессиональных, дизайнеров, свежие ростки потенциального экономического роста. Только объединение усилий архитектурных, научных, инженерных мастеров будет способно устранить этот интеллектуальный рак регенеративных процессов.

Я собираюсь обсудить частный случай структурного изыскания и изобретения. Это опубликованное обсуждение составляет то, что юридически называется «публичным раскрытием» изобретения, которое я «редуцировал до практического уровня», и эта позднейшая редукция ставит меня, тем самым, в общем праве в сильную позицию удержания мгновенной монополии на его экономическую применимость. Я укрепил эту общеправовую позицию уже полученными патентами, равно как патентными заявками, находящимися в процессе [их оформления]. Я, к счастью, держу несколько патентов, покрывающих геодезические структуры в Америке и почти в любой другой стране мира, подписавшей патентную конвенцию в Берне (Швейцария). Если бы у меня не было этой патентной защиты, то, я уверен, ни правительство, ни какие-либо крупные промышленные корпорации никоим образом не признали бы мое [авторство] изобретения этих структур. Несмотря на то, что большое правительство вложило миллиарды в неэффективные структурные исследования, я часто сталкиваюсь с утверждением правительственных и корпоративных бюрократов о том, что они считают своим долгом налогоплательщика использовать свои огромные полномочия спецификации и покупки для того, чтобы обойти мои патенты, покрывающие структуры, которые я заблаговременно изобрел за свой счет и развил для удовлетворения общественных потребностей как раз под те экстренные необходимости, с которыми сталкиваются бюрократы. Основой их спора является то, что несколько тысяч восстановимых долларов, которые могут быть возвращены мне, представляют собой аморальную эксплуатацию индивидом неотложных нужд демократии. Они совершенно оставляют без внимания миллиарды долларов налогоплательщиков, которые они уже бесплодно потратили в ходе их внутренней бюджетной политики, ограничиваясь тем предположением, что они будут вознаграждены их высокопоставленными хозяевами, если смогут растянуть вчерашние инвестиции для покрытия завтрашних эволюционных преобразований. Как они смогут оправдать большие бюджеты на исследования и разработки на следующий год, если очевидно, что оригинальные технические достижения возникали исключительно для общества посредством индивидуальных инициатив и озабоченностей, существующих полностью за пределами крупного правительственного и крупного корпоративного производства и распределения? Самообман демократии в этот момент в истории, в своем профессионально рекламируемом расширении корпоративного имиджа с безупречной репутацией сверх-изобретательности [super-inventiveness], может быть отменен в рамках демократии, пока другой век не смоет это зловонное заблуждение. Мало того, что эти профессиональные фабрики слов и образов произвели величайшие и наиболее убедительные ошибочные мифы, так они еще ограбили наше наследие словарного и образного языка в его обостренно изящной действенности. Преимущественными инструментами человека были грубоватость и незаконное присвоение. Лишенные веками разрабатывавшихся инструментов, художники наших дней искали новые и жизненные средства общения. Битник – антитеза Мэдисон Авеню. Истинные художники стремятся вырваться из черство-безвыходного вакуума двух [альтернативы «одного из двух»]. История говорит нам, что они, вероятно, будут успешны. Вероятность такова, что художники выиграют обладание всей нашей землей для всех людей в мире – с полным освобождением врожденной человеческой свежести и регенеративной постигаемости.

Патенты и естественные принципы

Нельзя запатентовать ни геометрию саму по себе, ни какой-либо отдельный, дифференцированный [от прочих] чистый принцип действующих процессов природы. Однако, можно запатентовать неожиданные проявления поведения комплекса взаимосвязанных принципов, где поведение целого не предсказуемо через поведение части, то есть

синергетическое явление. Последнее есть то, что известно как изобретение, сложное расположение, не найденное в природе, хотя иногда поверхностно подобное природе. Геодезическое структурирование есть истинное изобретение, хотя поверхностно подобно в своей имитации радиоляриям или глазам мух. Радиолярия разрушается, будучи извлеченной из воды. Глаза мух не будут обеспечивать структурный прецедент, или занимаемые человеком структуры.

Процессы разработки, до момента введения моего изобретения Геодезических структур, основаны на расчетах силовых нагрузок для варианта поведения отдельных стержня и колонны как изолированных компонентов, и после этого – для варианта всесторонне организованных стержней, колонн и консолей как сплоченно сжимаемого, всюду целостного сцепления, поддерживаемого тут и там чрезмерными натянутостями сухожилий – натяжением зависимым и локальным. Поэтому разработка, в качестве академически принятого в 1951 году, никоим образом не могла предсказать ассоциированного поведения Геодезической [структуры], при котором какие-либо ее компоненты могут быть удалены из нее по отдельности или во множестве своем без того, чтобы нисколько не подвергнуть опасности структурную целостность сцепления оставшейся основной структуры.

Я посетил почти все университеты и инженерные школы в США (только в качестве их спонтанно приглашенного гостя, поскольку я не допускаю никакого промоушена или агентского ходатайствования о встрече), и я был гостем крупных архитектурных сообществ в мире. Я могу утверждать, апеллируя к прямому свидетельству их лидеров, что инженерный мир был не только удивлен поведением Геодезических [структур], но четко заявил, что не может объяснить или предсказать беспрецедентную производительность на фунт любым из академически известных математических принципов анализа. Вместо уже существующей сегодня и доказанной теории Геодезических [структур] и стратегий расчета их напряжений, инженеры профессионально взяли на себя ответственность проверки моего (или моей компании) Геодезического здания, обратившись за помощью только к одному ресурсу, которым было прямое тестирование статической нагрузки, сопровождаемое передовым электрическим съемом показателей измерения степени деформации с нагрузками до отказа. После этого выводятся формулы, которые не обеспечивают какую-либо общую теорию, но только специальные знания в отношении данного конкретного случая. Однако, я действительно владею четкой теорией геодезического структурирования, которую часто сводил к успешной практике в технических, экономических и промышленных направлениях.

По этим причинам мне пришлось разработать совершенно новую стратегию образовательного описания синергетических поведений. Я приглашаем сегодня, и был приглашаем ранее, для проведения оригинальных семинаров в ведущие учебные заведения всего мира, а также для выступления перед важными ежегодными профессиональными съездами основных инженерно-архитектурных организаций этих стран именно потому, что создал Геодезическую теорию не только как изобретение, но и как эффективную стратегию ее описания.

В то время инженеры сказали мне, перед моими полномасштабными демонстрациями геодезических структур, что эти структуры не будут работать; теперь, спустя треть столетия выставочных встреч и докладов, в целом было оказано такое влияние на общий технологический климат, что геодезическая составительность [componentation] часто используется другими с удовлетворительными структурными результатами, хотя люди не знают почему. Это происходит по причине бессознательно выстроенного подхода к факторам дизайна, произведенного сотнями новостных фотографий успешно стоящих структур в пределах от настольных моделей [\[Рис. 1 и 2\]](#)

до крупнейших в истории широкопролетных оболочек. Многие из них представлены [решениями], доставляемыми по воздуху к местам установки, многие из них находятся в труднодоступных полярных, горных и пустынных регионах.

Рис. 1

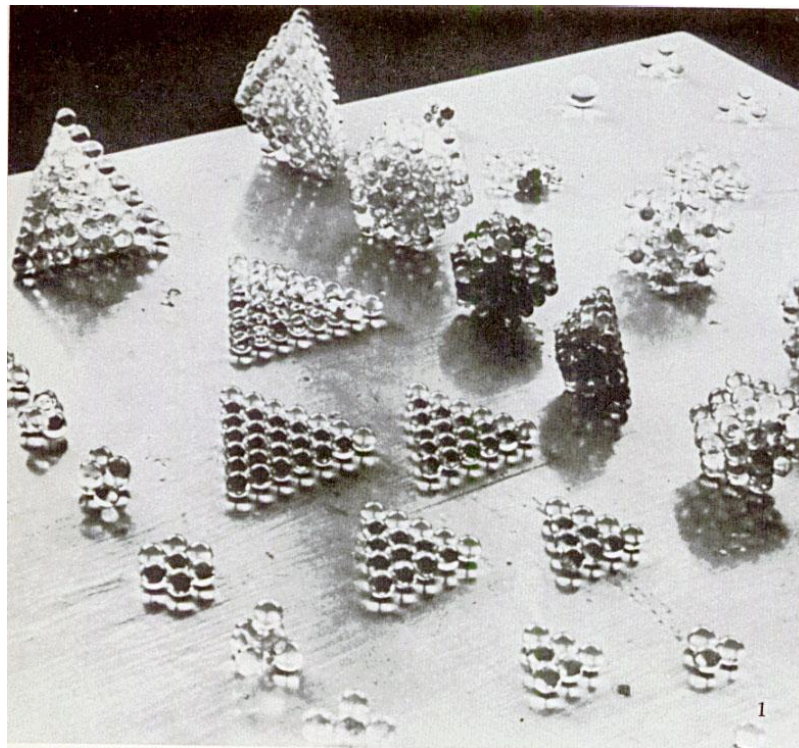
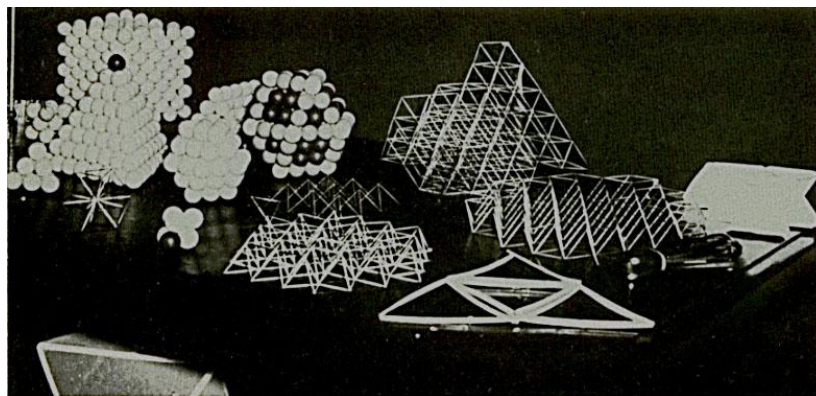


Рис. 2



Все эти геодезические события стали новостями просто потому, что они были синергетическими сюрпризами, следовательно, противоположными очевидному. Скопированные геодезические венчуры в большей модульной частоте треугольного Геодезического разбиения, или другой, менее симметричной, работы Геодезической структурной целостности, которую я еще не реализовал, не составляют изобретения. Также изменение не является основанием для освобождения от временной экономической власти, предоставленной мне в качестве патента.

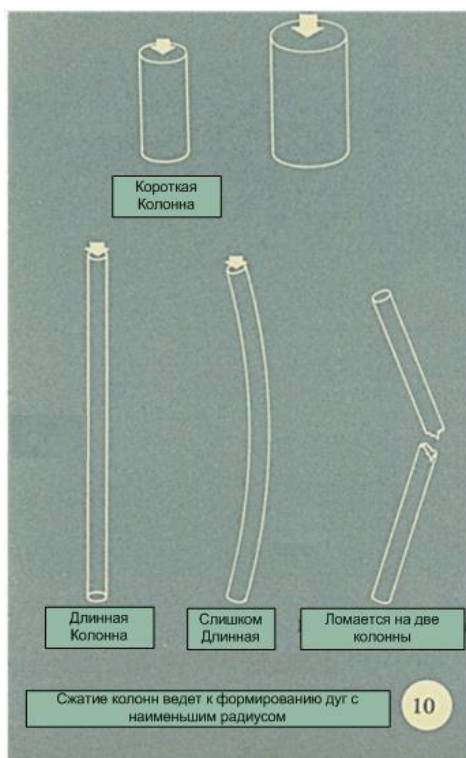
Недавно появились новостные ссылки на структуры, которые я разработал для запуска на Луну. Шестьсот фунтов – приблизительный вес моей тридцати шести фунтовой в диаметре сферы, самораскрываемой из шара диаметром в тридцать шесть дюймов. Там может быть и, вероятно,

будет, гораздо больше моментов, которые я стану обсуждать позже в этом раскрытии [изобретения]. Первым интересом для инженеров и мастеров-зачинателей является тот факт, что мои потенциальные прототипы спутниковых и лунных структур являются натяженно целостностными, всюду триангулированными, высокосопротивляемыми на разрыв, сферическими сетями, в которых локальные островки сжатия действуют лишь в качестве локальных ребер жесткости. Локальные ребра жесткости также ориентированы таким образом, чтобы их углы внутри и снаружи, между всецело конечными, внешними и внутренними, натянутыми сферическими сетями, производили позитивные и негативные волны действия и противодействия во внутростабилизированном динамическом равновесии [equilibrium].

Обращение к этой, прерывисто-сжимаемой, непрерывно-натянутой, структуре, не было очевидно для человека, поэтому должно быть рассмотрено следующее.

В то время, как сжатые элементы имеют присущее им предельное соотношение поперечного диаметра к длине [Рис. 10], натянутые элементы не имеют присущего им предельного соотношения поперечного диаметра к длине. Греки, которые строили полностью на сжатии, обнаружили, что коэффициент гибкости каменных колонн составлял приблизительно 18 к 1 отношения длины колонны к диаметру. Современные колонны из строительной стали с встроенными в них натянутыми волокнами, не имевшимися в тех каменных колоннах, имеют коэффициент гибкости, приблизительно равный 33 к 1.

Рис. 10



Если мы располагаем лучшими металлургическими сплавами, мы можем сделать все более и более длинными элементы натяжения со все меньшим и меньшим сечением – по-видимому, до бесконечности, но *не*⁴ длиннее колонн сжатия, до бесконечности.

⁴ Здесь и далее: курсив Фуллера.

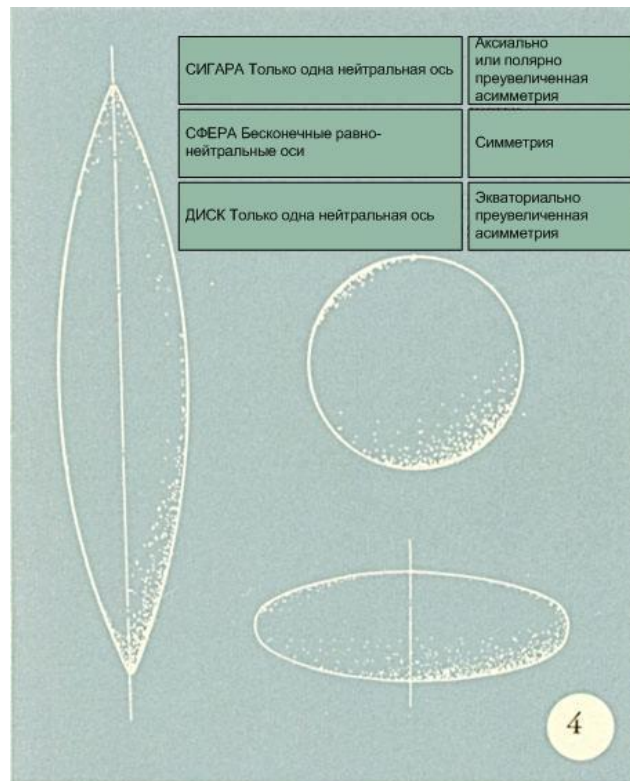
Происхождение синергетической геометрии

То, что интересовало меня ранее, в 1927 году, относительно безграничных коэффициентов натянутой гибкости, был вопрос о том, движемся ли мы в сторону мостов, имеющих бесконечную длину, без какой-либо величины пролета вообще, или же это был бессмысленный вопрос. Будучи моряком, я непринужденно посмотрел в небо, ища там подсказок. Я говорил, что очень интересно наблюдать то, что Солнечная Система, являющаяся самой надежной структурой из всех нам известных, такова, что Земля не катится по Марсу так же, как это было бы в случае с шарикоподшипниками [Рис.3], в связи с чем следует сказать, что компоненты сжатия астрономических структур являются космическими островами, пространственно удаленными друг от друга, и что каждый из них создан в наиболее идеальной форме для наивысшей эффективности структуры сжатия, которая есть почти сферическая форма. В сферическом условии любой аспект системы сжатия есть ее нейтральная ось, то есть сфера, имеющая бесконечное число осей. Все остальные сферические формы (сигарообразные, луковичные, яйцевидные, картофелинообразные или паукообразные) [Рис. 4] имеют лишь одну наиболее нейтральную ось. Вот почему сферические подшипники являются наиболее идеальными системными структурами сжатия, изобретенными человеком, ибо они постоянно переносят свои нагрузки по мере распределения энергетических эффектов на большинство частей равномерно, следовательно, относительно мелкими порциями за очень короткое время.

Рис. 3



Рис. 4



Я видел, что эти астро-острова сжатия солнечной системы постоянно регулируются в их постепенном перемещении относительно друг друга посредством всеобъемлющего напряжения [tension]⁵ системы, которую Ньютон назвал «гравитацией». Эта эффективная согласованность между островами-компонентами варировалась в зависимости от их относительной близости и масс, в соотношении увеличений и потерь второй степени относительно пространственного расстояния, как это изложено в терминах радиуса одного из тел, включенных в [материальную систему] в качестве компонента.

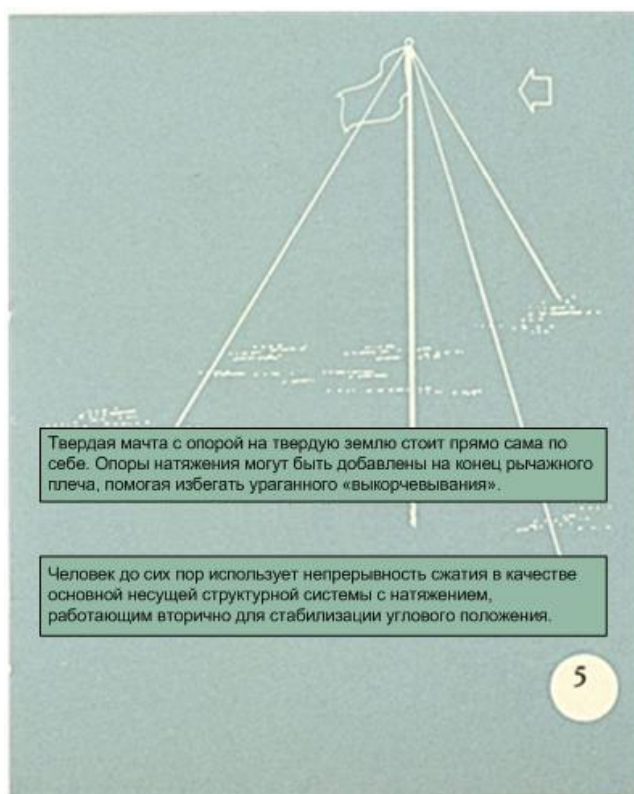
Затем я переключил свое наблюдение с макрокосмического на микрокосмическое, и засвидетельствовал, что изыскания человека внутри атома раскрыли подобное качество прерывистого сжатия, непрерывного натяжения, очевидно управляющих атомной структурой. То есть острова энергетической концентрации атома и его ядра были чрезвычайно удалены друг от друга относительно их не особенно больших диаметров локальной концентрации энергии, и все они были связаны друг с другом всеобъемлющей, но не видимой целостностью натяжения [tensional integrity].

Как следствие этих макро- и микро- структурных напоминаний, мне показалось в 1927 году уместным также задаться вопросом, действительно ли человек, который очевидно имел склонность думать только о твердом, «кирпич-на-кирпич», законе нагромождения, как управляющем всеми фундаментальными формами структурных модификаций, то есть формальных, локальных изменений «твердой» земной коры, работающей на сжатие, был ограничен «твердой» структурной концептуализацией и, следовательно, никогда не мог бы участвовать в гораздо более эффективных структурных стратегиях, очевидных в его (лишь

⁵ Здесь, скорее всего, коннотируется именно напряженность, а не натянутость, как это видно по контексту. Такого рода семантические аллюзии не редкость в работах Фуллера.

инструментально собираемых) инфра- и ультра- сенсорных данных универсального моделирования. Я также видел, что человеку, испытавшему и развившему эти возможности натяжения, давно уже известно о структурах натяжения, но, по-видимому, только в качестве вторичного дополнения первичного структурирования сжатия. Например, он [человек] вставил твердую мачту в отверстие в «твердой» земле и вбил ее туда в качестве твердого продолжения единой твердой земли [Рис. 5]. Однако, чтобы предохранить ее от сдувания и срыва бушующими ураганами, он добавил набор натяженности, остающийся триангулированным от верхней части мачты до земли, тем самым удерживая дальний конец мачты-рычага на точке высшего преимущества против движения. Но эти натяжения представляли собой вторичные структурные действия. Равно как они были вторичным дополнением в его твердопостроенных, непрерывно-сжатых [непрерывно-сдавленных], судах. Для человека здания и земля были подобны, сдавленно непрерывны. Сжатие было тем «реально жестким ядром», к которому он любил обращаться, и эта жесткая реальность была универсальной, следовательно – всеобъемлющей.

Рис. 5



Из этого следует, что натяженность должна была быть вторичной и локальной во всех его размышлениях, во всех его философских обоснованиях. Как следствие, популярная концепция полета самолета была поначалу, и оставалась в течение долгого времени, ошибочно объясняемой через подъемную силу сжатия, действующую под крылом. Которое «несомненно» постепенно сжимало воздух под собой, как лыжа сжимает снег на волнистой трассе ледяной скользкости. Научный факт, как показали эксперименты в аэродинамической трубе, остается таковым, что 75% поддержки веса самолета было обеспечено отрицательной подъемной силой частичного вакуума, создаваемого над поверхностью крыла. Просто потому, что, как показал Бернулли, путь воздуха по верхней части крыла более длинный, чем по нижней, а потому равному объему воздуха за то же количество времени приходится быть растянутым тоньше, следовательно, избыточная пустотность показалась мне более тонкой растянутостью, и ее сопутствующая большая

эффективность взаимоположения тел (самолета относительно земли) равным образом была нам союзником, астро- и ядерной натяженной целостностью динамической межмодельной обусловленности.

Проволочные колеса

Поскольку я размышлял о том, было ли теперь для человека возможным открыть эру мышления и сознательного проектирования в терминах всеобъемлющих натяжений и прерывистых сжатий, я видел, что структурная концептуализация им проволочного колеса [wire wheel] задокументировала его интеллектуально-проектный прорыв в [область] такого мышления и структурирования. То есть центр сжатия колеса [его ступица] был безусловно «островнирован» [islanded] или изолирован от «атолла» сжатия, включающего обод колеса [Рис. 6 и 7]. Поскольку эти острова сжатия были опосредованы в структурной стабильности спицами натяжения, я сказал, что это было нежно натяженной целостностью, где натяжение было первичным и полным, а сжатие – вторичным и локальным. Что перевернуло историческую структурную стратегию человека. Его первое проволочное колесо имело большое число разнообразных спиц. Я провел математическое изыскание для обобщенных законов, которые могут управлять этой натяженной целостностью, и искал экспериментально доказанных знаний, управляющих минимальным числом спиц, необходимых для стабильности проволочного колеса. Я нашел, что 12 было минимальным числом. Человек использует больше для обеспечения легковесности колеса, равно как для частой поддержки получающегося в результате тонкого обода.

Рис. 6

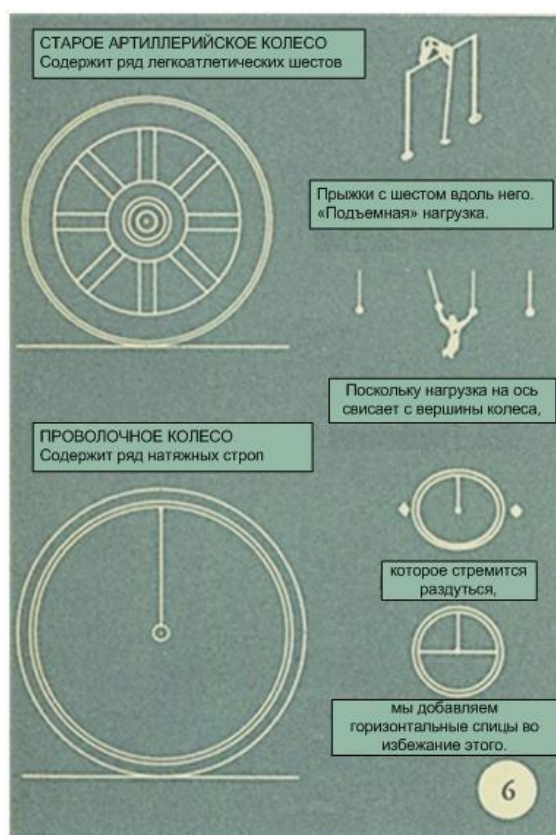


Рис. 7



Так я нашел математику естественной координации, фундаментально управляющую универсальным постоянным и переменным минимумом из 12 уникальных факторов свободы, каждый с одинаково минимальной вовлеченностью энергии. Из 12 векторов уникальных и переменных свобод фундаментально взаимоуживчивых координаций природы возникла комплексная иерархия полностью рациональных математических соотношений, по-видимому, регулирующих все известные фундаментальные преобразовательные поведения природы. Я назвал этот корпус математически соотносимого открытия «Энергетической и Синергетической Векторной Геометрией». Из комплексных следствий Энергетической и Синергетической Векторной Геометрии я пришел, в конечном итоге, не только к разработке прерывисто сжатых структур, но и к прямо понимаемому, сознательно задуманному моделированию гаммы организованно преобразовательных стратегий, используемых согласно природе в ее строе эволюционного проектирования, относительно которых также подтвердилась их способность повсюду быть экономически наиболее адаптивными к различным в своей основе, местным эффектам общей суммы универсальных координаций и, по ходу дела, местным вложениям в энергетику.

Натяжение vs. Сжатие

Поскольку я рассмотрел 12 уникальных векторов свободы, постоянно и без избыточности [по их числу] действующих между двумя полюсами проволочного колеса, его островнированную ступицу, а также эффект островнированного внутрь-обода-атолла его Млечному-Пути-подобного кольца мириад звездных островов, окружающих ступицу в плоскости, перпендикулярной оси ступицы – я разглядел, что это наиболее экономичное расположение сил, пожалуй, будет тем минимумом возможной системы природы, что способен отображать стабильную созвездную [constellar] компрессиональную прерывистость и натяженную непрерывность – одна островная система сжатия будет всецело непрерывной системой сжатия с натяжением, играющим роль всего лишь избыточной и второстепенной части. Таким образом, одна островная система может

быть рассмотрена только как оптически иллюзорная «унитарная» система, вместо, конечно, того, что она, в конечном итоге, есть на невидимом уровне атомного структурирования – слаженность мириад атомных архипелагов «единичных» масс булыжников островного сжатия, обеспеченная лишь всеобъемлющим непрерывным натяжением.

Этот факт был невидим и не осмыслен историческим человеком до вчерашнего дня. До открытия этого факта в середине XX столетия не было ничего, что могло бы нарушить, бросить вызов или растворить его «твердо-скальное» и иное «твердо-вещное» мышление. «Твердомыслие» ["solid thinking"] все еще широко популярно и даже доминирует над практическими соображениями ученых в целом и даже над житейской логикой многих, в иных обстоятельствах элегантно дисциплинированных, физиков-ядерщиков.

Натяжение и сжатие неразделимы и координируют функции структурных систем, но некоторые могут быть в аспекте «фазы прилива», то есть *наиболее* заметной фазе, тогда как другие – в «фазе отлива», или *менее* заметном аспекте, или фазе, например, визуально натянутого каната, сжато зауженного в почти невидимом приросте измерений его обхвата, всюду вдоль его длины. Этот аспект отлива сжатия происходит в плоскостях, перпендикулярных его оси натяжения. Колонны, которые, видимо, нагружены весами, примененными к их соответствующим верхним концам, как легко видеть, имеют вертикальные оси сжатыми, но *невидимо* горизонтальные обхваты этих колонн также находятся в натяжении, как результат сигарообразного разбухания структуры сил, действующей в колонне под прямым углом к ее нагруженной оси, которая стремится, невидимо, преобразоваться в форму тыквы или банана. В результате действия видимого, или приливного, аспекта вертикального сжатия такой осевой нагрузки системы колонны эта сила разбухания незаметно растягивает, или натягивает, обхват колонны, как отливная обратная функция полной структурной взаимной целостности.

Эти векторные равнодействующие силы, артикулированные в плоскостях, перпендикулярных оси приложения силы, с сопутствующим прямоугольным преобразованием сжатия в напряжение и обратно, в целом известны как Эффект Пуассона (названного в честь человека, открывшего их, а не рыбообразного поведения). Теперь мы знаем, что этот неточно осознанный взаимный эффект есть точно действующий феномен физической системы, известный как ПРЕЦЕССИЯ. (См. мое объяснение прецессии в Sperry Story in *Fortune* за май 1940 г.)

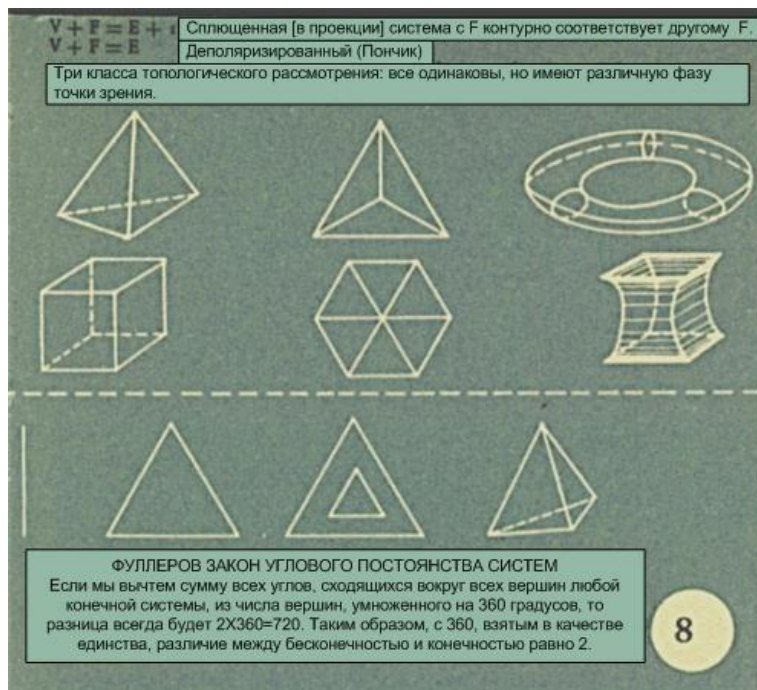
Прецессия играет важнейшую роль в моей переформулировке первого закона движения, в котором говорится, что «вся регенеративная иерархия главных, промежуточных и второстепенных совокупностей структур-внутри-компонентов-структур мироздания, есть непрерывные процессы одновременного, однако независимого и уникального, трансформативного структурообразования. То есть все компоненты мироздания находятся в непрерывном, взаимоуживчивом, ассоциативно-диссоциативном движении взаимодействия, и все движущиеся компоненты мироздания непрерывно влияют на все другие движущиеся компоненты – в той или иной степени, выстраиваясь от взаимодействий между приливами и отливами критически интенсивными до критически незначительных. Все эти взаимо-влияния [inter-effect] всех двигательных компонентов друг на друга являются прецессиональными, и прецессия всегда производит преобразовательные равнодействующие в векторных структурах, которые всегда сочленяют угловые ускорения в направлениях, иных, нежели прямые линии направлений между взаимо-влияющими компонентами». Это значит, что влияние всех локальных систем движения во Вселенной друг на друга всегда прецессионально, и что никакая из равнодействующих каких-либо сил между ними никогда не является прямолинейной структурой. Отдельные линии

взаимодействия векторных траекторий никогда не проходят через одни и те же точки. Они периодически или расходятся до безопасной взаимо-влиятельности, или периодически сходятся до критической близости. Их локальные помехи, через критическое сближение, производят отражения, преломления и регенеративно-маневренные структуроузоры [patterns].

Закон систем

Абсолютно прямые линии или абсолютно ровные плоскости могут быть, теоретически, продолжены наружу до бесконечности. Интеллектуальное постижение возникает, когда структуры опыта возвращаются к себе во всех направлениях. Различие между бесконечностью и конечностью регулируется взятием угловых синусов, подобно кускам пирога, из пространства площадей вокруг точки абсолютной плоскости. Это тот способ, которым сделаны ламповые абажуры и юбки. Соединение синусоидированных [sinused] веерных концов создает конус; если сделаны два конуса и они открыты, то, следовательно, бесконечно продолжаясь, их края соединяются, заканчивая в результате систему. Она имеет две полярные точки и экватор. Это есть неотъемлемые и основополагающие характеристики всех конечных систем. Человек пользуется условным подразделением единства вокруг точки в 360 градусов, сформированным суммой радиальных сегментаций вокруг точки на абсолютной плоскости. Если мы называем 360 градусов «единством», то я могу утверждать свое открытие закона систем как следующее: если мы вычтем сумму сходящихся углов вокруг всех вершин любой системы из чисел вершин величиной в 360 градусов, то разница всегда будет 720 градусов, что есть ровно двойная величина единства; это говорит о том, что разница между бесконечностью и конечностью всегда в точности равна 2. Этот закон объясняет многие из ранее непонятных аспектов топологии [Рис. 8]. Его философские следствия поражают.

Рис. 8



Компрессивно межпрецессионально кооперативные и приспособительные функционирования всех структурных систем есть локально устойчивые созвездия взаимодействующих сило-векторов, которые есть всегда косо перемещаемые [в обход – shunted], и регенеративно возвращаемые [re-shunted], внутренности [inwards] касательных линий системы, то есть результирующие углы меньше 180 градусов относительно направления источника порождающей силы. В объединенном приливном и отливном прецессиональном функционировании «натяжение vs. сжатие» я увидел, что существуют периоды, когда каждый из них [компонентов этой оппозиции] находится на половине волны потока, или равно заметен в их системных отношениях. Я видел, что внешняя сторона экваториально компрессионального острова обода атолла проволочного колеса должна быть кросс-пересекаема в натяжении, каковым также должен быть обхват его острова ступицы. Я также видел, что все эти структурные отношения «натяжение vs. сжатие» являются полностью обратимыми, и полностью обращены, как когда мы рассматривали спицы сжатия «артиллерийского колеса» vs. «спицы натяжения проволочного колеса».

Я шел через рассмотрение этих дифференцируемых, но комплементарно обратимых, функций структурных систем, как возможное раскрытие минимального, или фундаментального, множества [возможностей] дифференцируемости неизбыточных, прецессионально регенеративных структурных систем.

Используя это понятие в качестве гипотетически истинного, или в качестве рабочей посылки для дальнейших изысканий, я заметил, что, в то время, как существовал предел коэффициента гибкости (как уже отмечалось) диаметра обхвата сжимаемого элемента относительно длины его продольной оси, такой предел коэффициента гибкости не характерен для структурных компонентов с доминантой натяжения. Астрономические величины структурной согласованности системы достигнуты через натяженно доминирующие структурные функции с нулевым коэффициентом гибкости, то есть через гравитационное функционирование. Я также отметил, что компрессионально доминирующие структурные компоненты имеют тенденцию к трансформации контура, в котором радиус кривизны постепенно уменьшается под осевой нагрузкой, то есть силы сигарообразных колонн стремятся к тыкво- или бананообразному сгибанию их контуров [\[Рис. 11\]](#). Это стремление систем, нагруженных на сжатие, в сторону арок с уменьшающимся радиусом, находилось в прямом противоречии с преобразованием контура, проистекающим из натяженно доминирующих структурных компонентов, которые всегда стремятся по направлению к аркам с постоянно растущим радиусом осевого профиля. Например, один виток веревки стремится по направлению к «распямлению», когда она натянута на концах, но никогда не достигает абсолютной прямолинейности [\[Рис. 9\]](#); вместо этого, она прогрессирует в сторону наибольшего радиуса локально-спиральной, но всецело-орбитальной арки, которая должна, в конечном итоге, замкнуться на саму себя [\[Рис. 12\]](#). Натяженно доминантное структурирование неизбежно самозамкнуто, следовательно, конечно.

Рис. 11

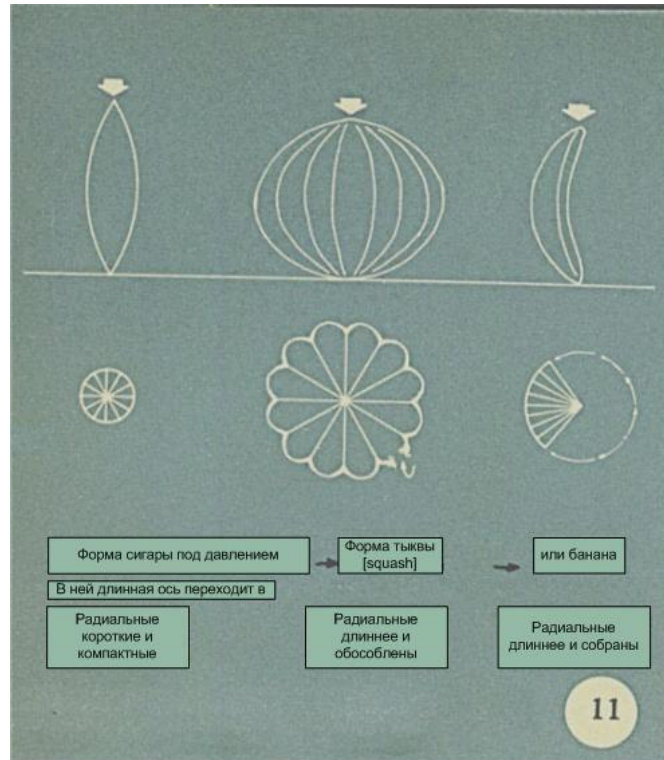


Рис. 9

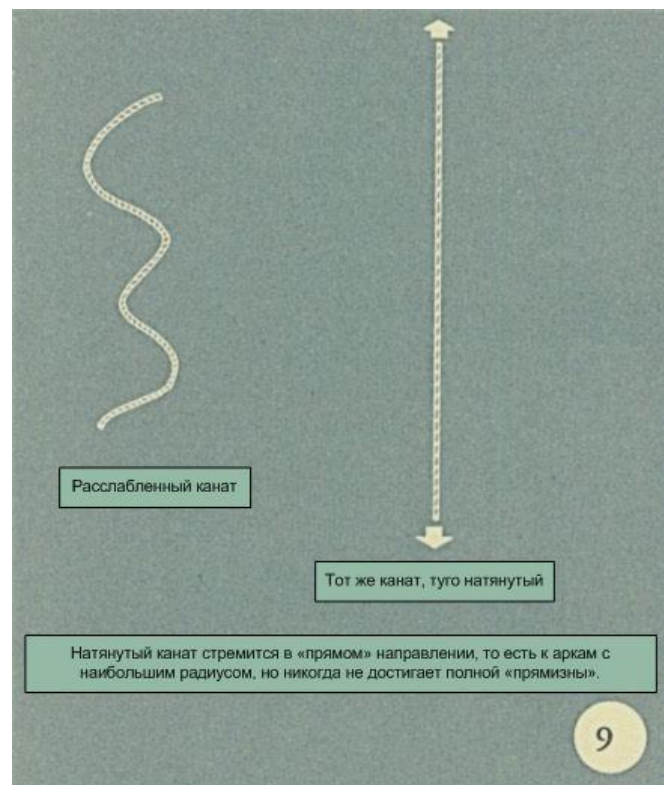
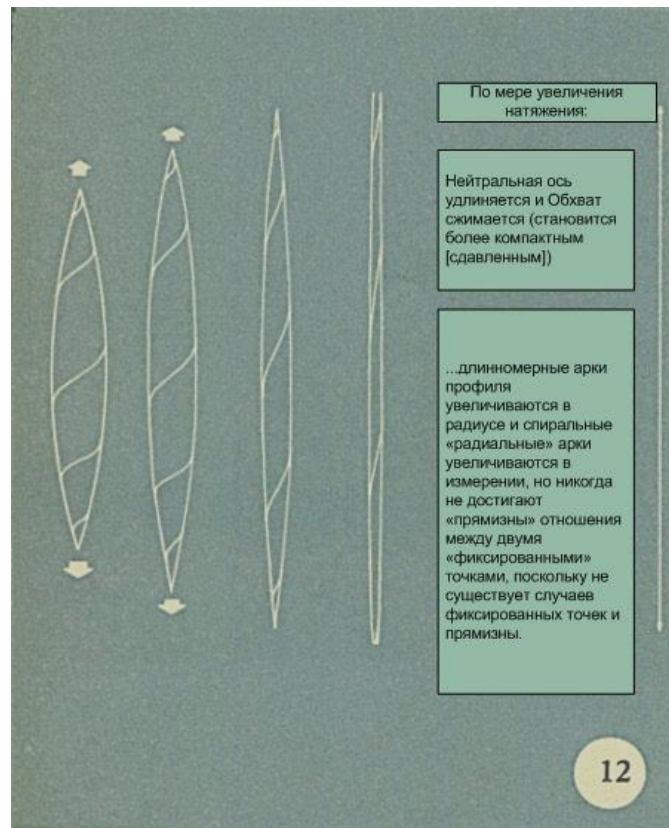
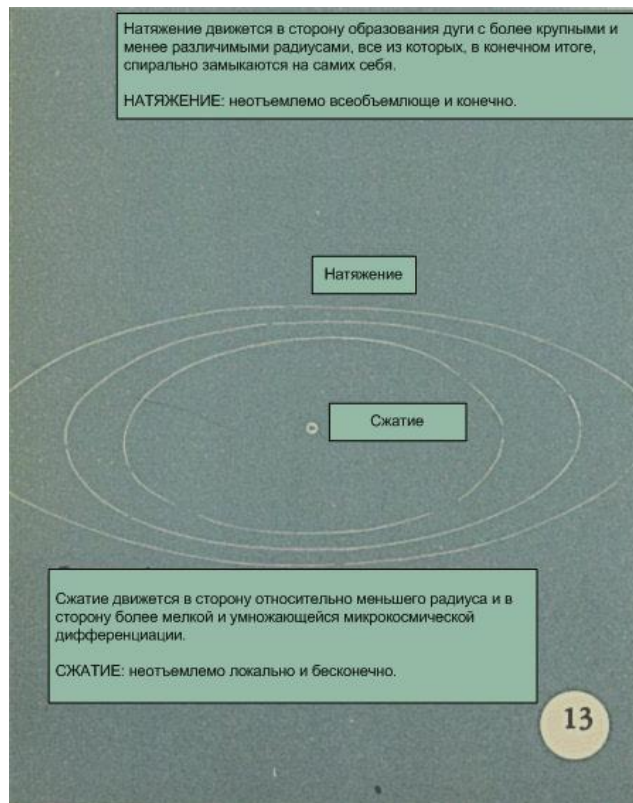


Рис. 12



Также видно, что, в то время, как компрессионально доминировавшие функции структурных систем в действительности уменьшались во всех аспектах, тензионально [tensional] доминировавшие структурные функционирования в действительности расширялись во всех задействиях. Таким образом, сумма всех интер-активных отношений сил в мироздании должна непрерывно взаимоускорять их трансформации таким образом, чтобы в результате привести к более удаленным и локально увеличенным островнированным функциям сжатия – всесторонне скоординированным посредством постоянно расширяющегося конечного структурообразования функций натяжения. *Мироздание должно быть всецело конечной цельностью*, допуская лишь локально-изолированные бесконечности наблюдателем-рассмотренного-и-восстановленного видоизменяющегося открытия [Рис. 13]. Это говорит о том, что здесь мы обнаруживаем открытую и работоспособную человеко-осведомленность о полном аннулировании принятой сегодня космологии и общей априорной концептуализации общей модельной схемы Вселенной, которая, до этого момента, всегда полагалась только в *локально конечных* опытах, как всенаправленно *окруженная*, казалось бы, невысказанной бесконечностью.

Рис. 13



В новой осведомленности, таким образом представленной, удаленное структурирование Вселенной, в сущности, конечно, и только локальные острова сжатия подразделяются по степени бесконечности, спроецированной существованием локальной жизни и ее различными дихотомиями последовательного изыскания. Мы обнаруживаем, что, чем более видимыми, то есть более чувствительно настраиваемыми, становятся структурные функции, тем более бесконечно подразделяемыми становятся их потенциальные трактовки. Чем более невидимы структурные функции Вселенной, тем более всеобъемлюще [comprehensively] и постигаемо [comprehendibly] конечными они становятся.

Наряду с тем, как мне помогали многие в развитии моих изобретенных реализаций моего открытия всеобъемлющей и скоординированной системы природы, исключительная интуитивная поддержка в важный момент в моем изучении таким образом обнаруженных прерывисто-сжимающихся, непрерывно-растягивающихся, структур, была оказана моим коллегой Кеннетом Снельсоном [Kenneth Snelson], и должна быть официально упомянута в моем формальном перечне раскрываемых мыслей моего «Тенсегрити».

Четвертое, пятое и шестое измерения

За двадцать один год до встречи с Кеннетом Снельсоном я находился в поисках понятий Тенсегрити. Я использовал фазы Тенсегрити [в виде] проволочных колес с множественными ободами, параллельными или концентрическими, с 1927 года, в многопалубных мачтовых 4D структурах и в Димаксион-Хаузе [Dymaxion House]. В 1917 году, за десять лет до моего первого Тенсегрити, я открыл и обнародовал векторную, координированную и топологическую систему, которую я назвал Энергетической Синергетической Геометрией [Energetic Synergetic Geometry]. Эта Энергетически-Синергетическая Геометрия раскрыла четвертую, пятую и шестую

пространственные симметрии в дополнение к хорошо известным двум и трем пространственным симметриям. Тенсегрити структура Димаксион Хауза, несмотря на тот факт, что впервые я назвал его 4D-Хауз [4D-House] – для четвертой размерности – был поляризован, то есть был одноосевой системой с тремя измерениями, с экваториально и по ширине сжатыми атоллами, изолированными друг от друга параллельно в комплексно триангулированной натяженной сети. Несмотря на мое открытие, название и развитие как многомерной векторной геометрии, так и трехмерной Тенсегрити, я был не в состоянии интегрировать их таким образом, чтобы обнаружить многомерные четвертую, пятую и шестую оси симметрии Тенсегрити. Я понял, что двухосевой универсальный шарнир, давно известный для человека [сустав] и часто используемый в механике в качестве гибкой мембраны – размещенный между двумя противоположными шпинделями с хомутами на концах, с плоскостями хомутов, симметрично ориентированными на девяносто градусов относительно друг друга, образует октаэдрическую Тенсегрити, но оси его стержней стремились к тому, чтобы обнаружить его в качестве одноосевой системы, подобно моему, гексагонально закольцованному, Тенсегрити Димаксион Хаузу. Несмотря на мое стремление обнаружить связь между Тенсегрити и Энергетической Геометрией – и, тем самым, макро-микро универсальным структурированием в иерархии геометрических преобразований природы – и, несмотря на мое интуитивное осознание того, что я мимолетно углядел существование таких связей, мои следующие два десятка лет (1927-1947) были поглощены сложными событиями, последовавшими за моим официальным представлением Димаксион Хауза. Он был прототипным решением для окончательного применения высшей производственной способности человека навстречу миру, заключающему в себе смену жилищной аппаратуры [living apparatus] человека с негативных на позитивные преимущества, и препятствовал моему применению приоритетного размышления о союзе Тенсегрити-структурирования с Энергетическо-Синергетической Геометрией.

В 1947 году я выступил с лекцией об Энергетическо-Синергетической Геометрии с комплектом моих моделей в Black Mountain College. Кеннет Снельсон, художник и студент-живописец, появился на следующий день с копиями многих моделей, которые он сконструировал в течение ночи, следующей после моей лекции. В течение следующего года Снельсон стал одним из моих наиболее близких учеников. Его чувствительность, мастерство и одаренная богатым воображением сила концептуализации были исключительными. Несмотря на то, что я убеждал его, и он сам пытался, получить степень в ядерной физике, Снельсон нашел это невыносимо непривлекательным, и вернулся к его художественным исследованиям в области скульптурных конструкций и раскрашенного холста. Год спустя, летом 1948 года, Снельсон показал мне скульптурную конструкцию, представляющую собой консольные опоры октаэдра, выполненные с Тенсегрити, примененной к механическому универсальному шарниру октаэдра, переориентированному от выравнивания по осям его стержней на выравнивание по параллельным плоскостям [хомутов]. Хотя Снельсон и мыслил это лишь как уникальную художественную форму, и опасался моего отвращения к художественному использованию Синергетической Геометрии (я избегал ежедневных, периодически повторяющихся, возможностей использования Энергетическо-Синергетической Геометрии в качестве игрушки либо предмета искусства), он жаждал засвидетельствовать мне свое открытие неизвестной и захватывающей структуры. Его деполяризованная ориентация Тенсегрити-октаэдрического универсального шарнира катализировала мою всестороннюю интеграцию математических взаимосвязей моих Тенсегрити Структур с моей Энергетическо-Синергетической Геометрией и ее многомерной, многоосевой симметрией.

Моим первоначальным урожаем математических структур, произведенных этим новым понятийным инструментом, было семейство из четырех Тенсегрити мачт, характеризующихся вертикальными боковыми гранями числом три, четыре, пять и шесть каждая, соответственно. Три- и четырехсторонние мачты состояли из островов прерывистого сжатия тетраэдрических групп распорок, смонтированных лишь в натяжении одна над другой, тогда как пяти- и шестисторонние мачты состояли из локальных островов икосаэдрических и октаэдрических групп распорок, смонтированных вертикально одна над другой, опять же, лишь на соединителях растяжения.

Было очевидно, что каждая из, казалось бы, «твердых» стоек сжатия в этих островных комплексах может быть заменена миниатюрными Тенсегрити мачтами (любой из этих четырех типов) и для миниатюрных стоек в миниатюрных Тенсегрити мачтах сверхминиатюрные Тенсегрити мачты также могут быть заменены [\[Рис. 14\]](#). При таком процессе прогрессивных замен в порядке убывания размеров, конечный суб-суб-миниатюрный уровень Тенсегрити мачты был бы заменен, казалось бы, последним уровнем «твердых» стоек, то есть с размером, значение которого соответствует структурному диаметру одного атома. На этом уровне локальной миниатюризации, присущей прерывистому сжатию, натяженная целостность нетвердых целостных структур сама будет совпадать с общим принципом структурирования всей серии комплекса мачт-внутри-мачт. Это исключает любое дальнейшее требование теперь совершенно устаревшей концепции «твердости» чего-либо, как переходных в человеке настроенных сенсорных пределах, между макро и микро формулировками ультра и инфра сенсорных Тенсегрити. Моя демонстрация стабильной способности структурной поддержки таких человеко-свидетельствуемых Тенсегрити мачт, таким образом, устраняет, далее, требование любой «твердой» концепции вообще, следовательно, делает устаревшими нелогичные инженерные теории, основывающиеся на любых и всех «твердых» структурах. Теперь было очевидно, как [структуры], состоящие из *позитивных* и *негативных* Тенсегрити, совместно работали [\[Рис. 16-20\]](#). В то время, как позитивные или негативные Тенсегрити мачты обеспечивали бы независимо те же самые, всецело-компрессиональные, возможности стойки, как делали бы две вместе, очевидно, что также позитивные или негативные Тенсегрити в пределах «твердой» комбинации должны были бы делать всю «стойечную» работу всегда одномоментно – иное совершенно избыточно, следовательно, излишне. Их альтернативные возможности, будучи примерно равными, будут попеременно стремиться к смене работы с нагрузкой, создавая, таким образом, колебательное взаимодействие положительного переноса нагрузки против отрицательного, который будет расходовать энергию своих структурных целостностей, ведя, таким образом, к само-взаимоизносу (кристаллизации) их объединенной перемежающейся стойечно функциональной долговечности структурной способности.

Рис. 14

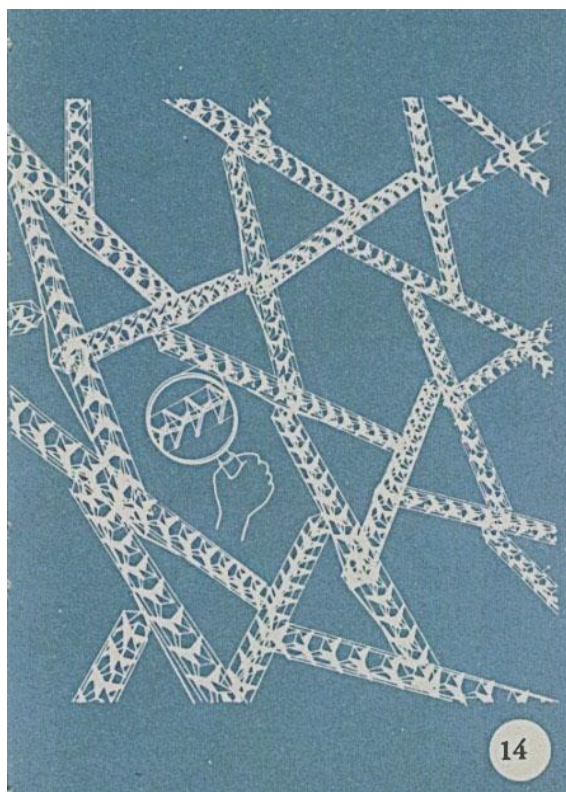


Рис. 16

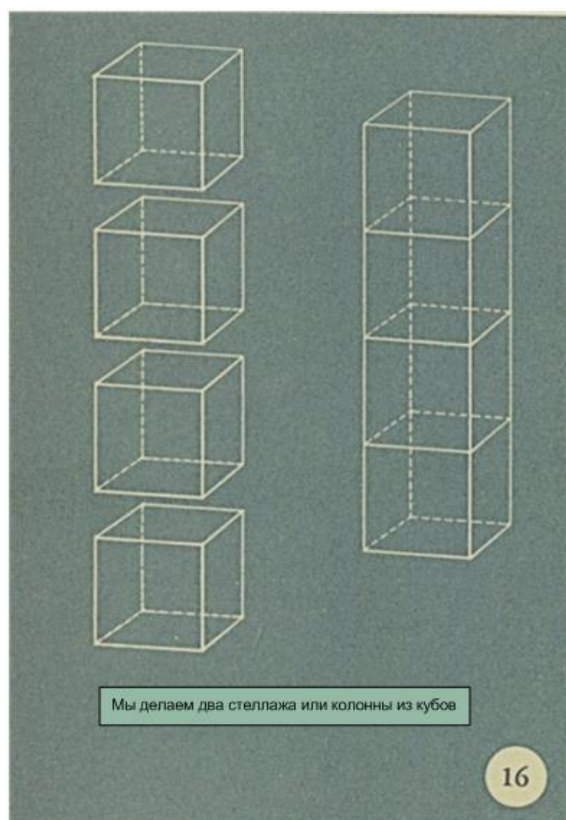


Рис. 17

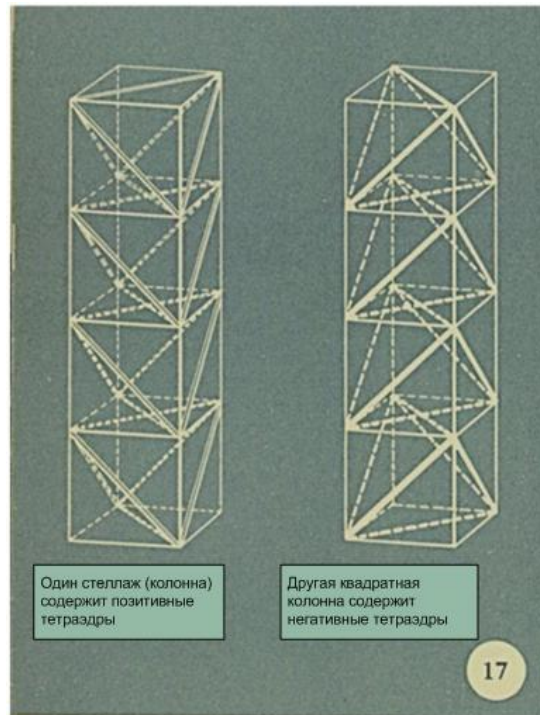


Рис. 18

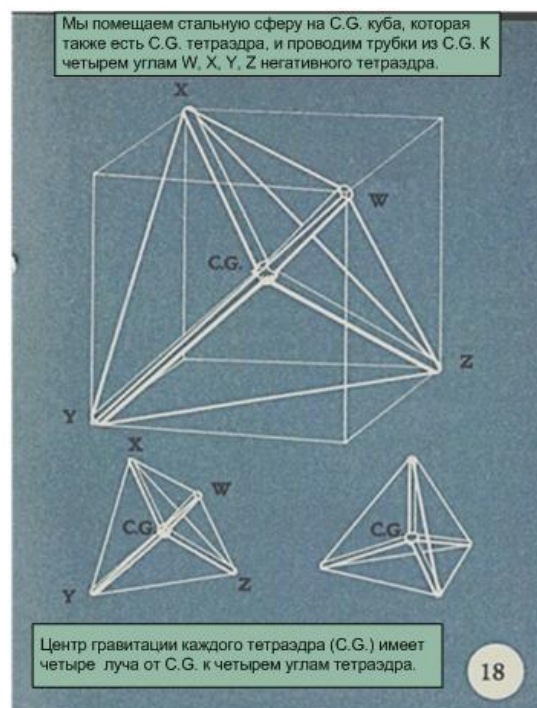


Рис. 19

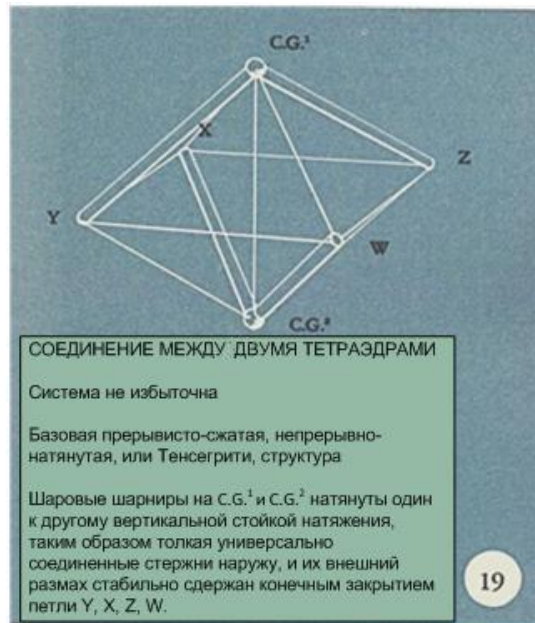


Рис. 20



Я также открыл шести-острово-стоечную икосаэдрическую Тенсегрити и ее всепространственное наполнение, ее способность к плотной упаковке, что обеспечивает все-равно-оптимальную-экономия, Тенсегрити-структурирование мироздания. Впоследствии фундаментальные дополнения и заполнения этой иерархии первых Тенсегрити структур были успешно осуществлены Джоном Моэлманом [John Moehlman], Ли Хогденом [Lee Hogden], Франческо делла Сала [Francesco della Sala] и Теодором Поупом [Theodore Pope], работающими независимо друг от друга, которые продемонстрировали, соответственно, векторный эквilibриум, тридцати-островную Тенсегрити сферу, шести-островной Тенсегрити тетраэдр и трех-островную окта-Тенсегрити. Последний в позитивной и негативной фазах имеет фундаментальное значение для всех Тенсегрити структур. С фундаментальной иерархией Тенсегрити-структур, таким образом завершенной, выяснены всеобъемлющие законы универсального тенсегрити структурирования.

Мы представим эти законы в следующем пункте повестки, идущим за нашим обсуждением соответствующих открытий.

Геодезические тенсегрити и спутники Земли

Если мы микроскопически осмотрим пневматический аэростат, то обнаружим, что его оболочка полна отверстий между ее молекулярными цепями, со вторичной и гораздо меньшей пространственной непрерывностью «всех отверстий» или «непрерывным пространством» между удаленно островнированными энергетическими компонентами соответствующих созвездий атомных ядер каждой молекулы. Все эти, невидимые человеком, «дыры» аэростата слишком малы для молекул газа, чтобы те могли убежать сквозь них [наружу]. Поскольку оболочка аэростата полна отверстиями, это действительно субвидимый сферический сетчатый материал, нежели «гибко твердая пленка», внутри которой молекулы газообразных элементов сжаты в меньшем объеме, чем это требуется их энергетическими или экологическими областями распределения, подобно рыбе в сети рыбака. Равнодействующая сил всех этих сетепрепятствующих молекулярных действий диагонально направлена наружу из геометрического центра аэростата – поверхность каждой молекулы из внутренней группы сжатого газа имеет векторную структуру действия и противодействия, идентичную сферической хорде. В подобном замыкании сжатого газа случайны размеры молекул, каждая из которых слишком крупна для удержания сферической молекулярной сетью, и случайно сталкивается с внутренней тесьмой сферически натянутой сети. Таким образом, существует больше внешне давящих молекул и больше внутренне сдерживающих сетевых компонентов, чем необходимо для конструктивной равнодействующей структурной целостности аэростата. Тем не менее, в геодезических, натяженно целостностных, сферических сетях, острова внутренне сжатых, хордовых распорок, сталкиваются в дискретном порядке в точных вершинах окружающей конечной натяженной сети. Мои независимые спутники или лунные структуры, далее, наиболее экономичны, частотно модулируемы, динамически балансируемы между снаружи связанными и внутренне связанными равнодействующими сил. Внешняя натяженная сеть является конечной системой, успешно связывающая, в ином варианте, случайно хаотичную бесконечность разъезжающихся, саморазъединяющихся, сил.

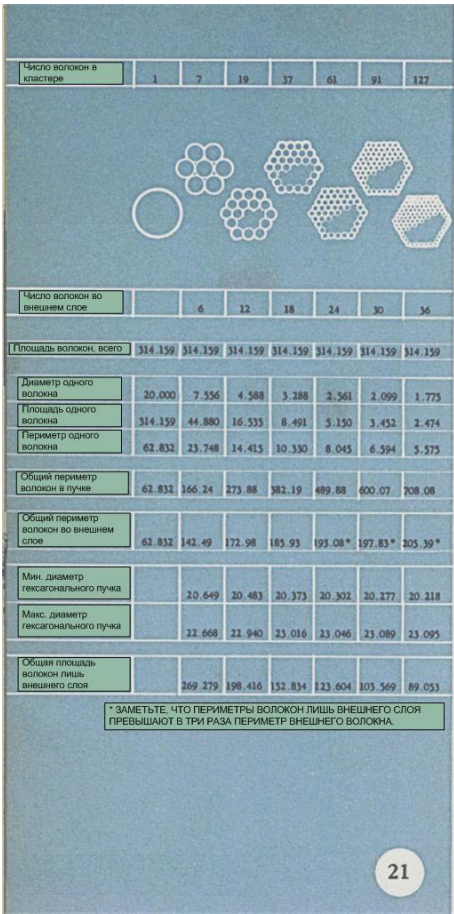
Как уже отмечалось, натяженно конечная система не имеет неотъемлемого ограничения на отношение длины к сечению, то есть не имеет присущего ей коэффициента гибкости, каковое ограничение такого коэффициента эксплицитно присуще элементам сжатия. Следовательно, мы имеем в Геодезической Тенсегрити (мое название для прерывисто-сжатых, непрерывно-натянутых структур) возможность собрать беспрецедентно большие, широкопролетные структуры, габаритные размеры диаметра которых ограничены лишь относительной соединенностью сплавов ассоциированных металлических атомов, туда вовлеченных, улучшенные соединения которых заключены в резко возрастающем подъеме металлургической эволюции. Мы можем пребывать, поэтому, в тех же самых величинах широкопролетных объемов, какие имеют наши крупнейшие висячие мосты. Поскольку эти мосты демонстрируют постоянно улучшающиеся способности к растяжению постоянно улучшающихся сплавов, такой мост можно было бы сделать вдвое превышающим размер Моста Золотые Ворота [Golden Gate Bridge]. Мы можем, таким образом, рассматривать широкопролетные сферы Геодезической Тенсегрити с величиной диаметра в две мили, как то сегодня реализуемо для спутникового контроля окружающей среды, или в качестве полусферического, или иного сферического сегмента, или ограждений,

соприкасающихся с землей (в которых Земля завершает сферу), например, для контроля среды арктического города или в качестве водных плавучих оболочек.

Тросы подвесного моста параллельны друг другу и, таким образом, не предоставляют друг другу больше помощи в [обеспечение] анти-ромбической структурной стабильности, нежели то делают параллельно натянутые провода в барабане⁶. В Геодезических Тенсегрити все натяженные элементы пересекаются друг с другом в триангуляциях струн-большого-цикла, обеспечивая, таким образом, стабильность максимально возможных размеров. По некоторым, хорошо известным, причинам, существуют способы, которыми сферы Геодезической Тенсегрити могут быть сделаны для обеспечения диаметров, превосходящих существующий крупнейший пролет подвесного моста:

1. Мы знаем, что последовательное деление данного металлического волокна, в многочисленности этих волокон, обеспечивает возможности растяжения мельчайших из них при увеличенных значениях в сотни и тысячи раз выше, нежели единичная секция. Это происходит из-за увеличенного соотношения поверхности к массе, и по причине того, что все возможности натяжения, несомненно, вложены в поверхности [\[Рис. 21\]](#).
2. Сферы Геодезической Тенсегрити допускают математическое истолкование такими способами, как умножение частоты триангулярных модульных подразделений в упорядоченной прогрессии второй степени, и формульный контроль.

Рис. 21



⁶ Скорее всего, здесь Фуллер имеет в виду под барабаном прецессионно-концентрическую структуру обода wired wheel, рассмотренную им выше.

Теперь мы располагаем возможностью поместить упорядоченную выше математику в электронный компьютер, что допускает частичный расчет и техническую «выполнимость», ранее не существовавшие. Эта возможность, в сочетании с тем фактом, что, чем выше частота, тем меньше площадь в сечении растяжения (еще выше растягивающая возможность, и еще мельче локальные острова сжатия), позволяет нам утверждать, что, чем выше частота, тем более эфемерным [ephemeral]⁷ становится Тенсегрити комплекс. И тогда общий вес конструкции, требуемый на данном уровне производительности, становится все меньше, и вся структура становится менее уязвима для общих нарушений со стороны любых, или многих, изнутри или снаружи возникающих, ударных сил.

Ход технических событий, описанный выше, изменяет все старые инженерные концепции, касающиеся относительного увеличения суммарных весов структур. Эти, теперь устаревшие, понятия, задали начальные пределы практичности в относительном увеличении суммарных весов структур, которые проявляются, когда общие линейные размеры пропорционально увеличиваются. В конструкциях египетских пирамид удвоение линейных размеров основания привело к четырехкратному увеличению общей поверхности и к восьмикратному увеличению общей массы пирамиды, то есть линейное увеличение размера поверхности вдвое привело к увеличению второй степени площади поверхности до четырех, а сопутствующей третьей степени величины объема – до восьми. Позже, когда люди узнали, что наивысший потенциал прочности конструкций существовал в их поверхностях, за счет большего действия-противодействия, расстояния рычажных усилий, которыми обеспечены противоположные стороны систем, они выдолбили свои здания. Они первоначально думали о них как об оформленных твердых бородавках сжатия на твердой земле, следовательно, о бородавках Ангкор-Ват, гхатах Бирмы и Индии, пирамид Вавилона и Египта. Но вполне вероятно, что человек, прежде всего, выдолбил свои бревенчатые лодки. Затем, столетия спустя, он стал долбить свои здания, и после этого, много тысячелетий спустя, он стал выдалбливать балки своих гоночных парусников.

Когда позже человек узнал, что структурная прочность на поверхности была обеспечена не «твердым» качеством внешней оболочки, а триангулярными межстабилизированными линиями сил, действующими внутри оболочки, он перфорировал оболочку отверстиями между силовыми линиями. Минимальные отверстия были треугольными. Структура триангулированных силовых линий, усыпанная триангулированными отверстиями в выдолбленных структурных оболочках, стала тем, что мы называем фермой [truss]. Мы можем, далее, сказать, что, во-первых, выдалбливание автоматически уменьшило третью степень объемного увеличения относительного прироста веса структур, тогда как они увеличились относительно их первоначальных линейных размеров. Во-вторых, мы также можем сказать, что прокол оболочек триангулярными отверстиями уменьшил твердое или непрерывное пространство второй степени их [оболочек] увеличения, и привел темпы роста структур во что-то, в общем близкое первой степени, или линейному темпу прироста – для силовых линий, которые исключительно линейны. Когда мы вводим Тенсегрити структуру, и многие ее сюрпризы уже изложены, мы видим, что прорвались к структурному знанию и технике, которое позволяет постепенно уменьшить относительный вес конструкции пропорционально линейному увеличению. Это говорит о том, что увеличение массы в структурах, взятое в отношении к основным линейным размерам, такое же, как отношение массы 1 к 1 минус $1/x$, поскольку та же самая структура умножена в относительном размере.

⁷ Здесь (и несколько ранее) Фуллер, фактически, вводит в оборот слово, составляющее основу означающего понятия эфемеризации – одного из ключевых в его философии, имевшего в те годы также немалое значение для становления кибернетики.

В приведенной выше последовательности, поскольку частоты идут вверх, размеры островов сжатия уменьшаются. Острова сжатия являются единственными остаточными «твердыми», и их уменьшающийся размер уменьшает их относительные веса на кубический корень прогрессии преимущества. Уменьшение вдвое размера твердой балки уменьшает ее относительный вес на восемь. Уменьшение вдвое размера полой балки уменьшает вес фактора примерно на четыре.

Рассматривая некоторые вещи, [обнаруживаем, что] чем выше частота, тем больше доля структуры, вложенной в растягивающие компоненты. Компоненты натяжения не ограничены по длине, в доленом отношении к сечению. По мере того, как мы увеличиваем частоту, каждый элемент натяжения разделяется на множество волокон, сила каждого из которых многократно умножается на единицу веса и сечения. Если мы увеличим частоту во много раз, то относительный общий вес конструкций быстро уменьшится, как соотносящийся с любым взятым линейным увеличением, или даже с любым фиксированным линейным увеличением, в общем размере структуры. Единственным ограничением на увеличение частоты является логистическая практичность большего числа функций, которые будут обслуживаться, но чем больше структура, тем легче локальная исправимость высокочастотных компонентов. В отличие от всех предыдущих структурных опытов, закон о возвращении уменьшения действует в направлении сокращения размера Геодезических Тенсегрити структур, и [закон о] возвращении увеличения действует в направлении возрастания их размеров.

Тенсегрити в атомных структурах

Если частота достаточно высока, то размер промежутков Тенсегрити сети может стать столь относительно малым, чтобы задержать прохождение любых событий крупнее отверстий. Если частота достаточно высокая, то ни водные, ни воздушные молекулы не смогут пройти сквозь нее. Они могут быть сделаны такими, чтобы, не пропуская водный комплекс, пропускать микроволны радара и свет, и т.д. Если мы «повысим» частоту достаточно, то мы будем снижать остаточные острова сжатия до микрокосмической величины атомов, которые единственно, для чего служат – для раскрытия того факта, что атомы и их ядра – сами по себе Геодезические Тенсегрити структуры, следовательно, совместимы с этим конечным частотным ограничением – тот самый факт, что сегодня стремительно распространяется в пределах познания физиков-ядерщиков.

Теперь мы понимаем, что Геодезическое Тенсегрити структурирование обеспечивает первую истинную и наглядную модель пневматических структур, в которых относительная тонкость ограждающих пленок, в пропорции к диаметру, быстро уменьшается с увеличением размера воздушных шаров.

В случае Геодезических Тенсегрити структур, однако, нет необходимости в том, чтобы перенаселенные внутренние молекулы газа, заключенные внутри субмолекулярной ячеистой сети, с необходимостью толкали сетевые структуры наружу из их сферического геометрического центра, поскольку стойки сжатия, локально изолированные, как наружу толкающие стойки на обоих их концах, давят на сферическую сеть наружу на каждой преимущественной вершине схождения [линий] сети. Геодезические Тенсегрити есть, таким образом, выдолбленные воздушные шары, сбрасывающие свою избыточно твердую воздушную сердцевину.

Геодезические Тенсегрити являются выдолбленными воздушными шарами, в которых эти конкретные молекулы газа, иногда сталкивающиеся изнутри с оболочкой в любой момент (и, таким образом, толкающие ее наружу), заменяются островнированными геодезическими

стойками. Тогда возможно сшить карманы на внутренней поверхности оболочки воздушного шара, структурно соответствующие островнированным геодезическим стойкам, и вставить жесткие рейки в те карманы, которые вызывают, в ином случае, ослабление мешка воздушного шара, для придания ему сферической формы, как это было бы, если бы на них изнутри давил газ [Figs. 22-24].

Рис. 22

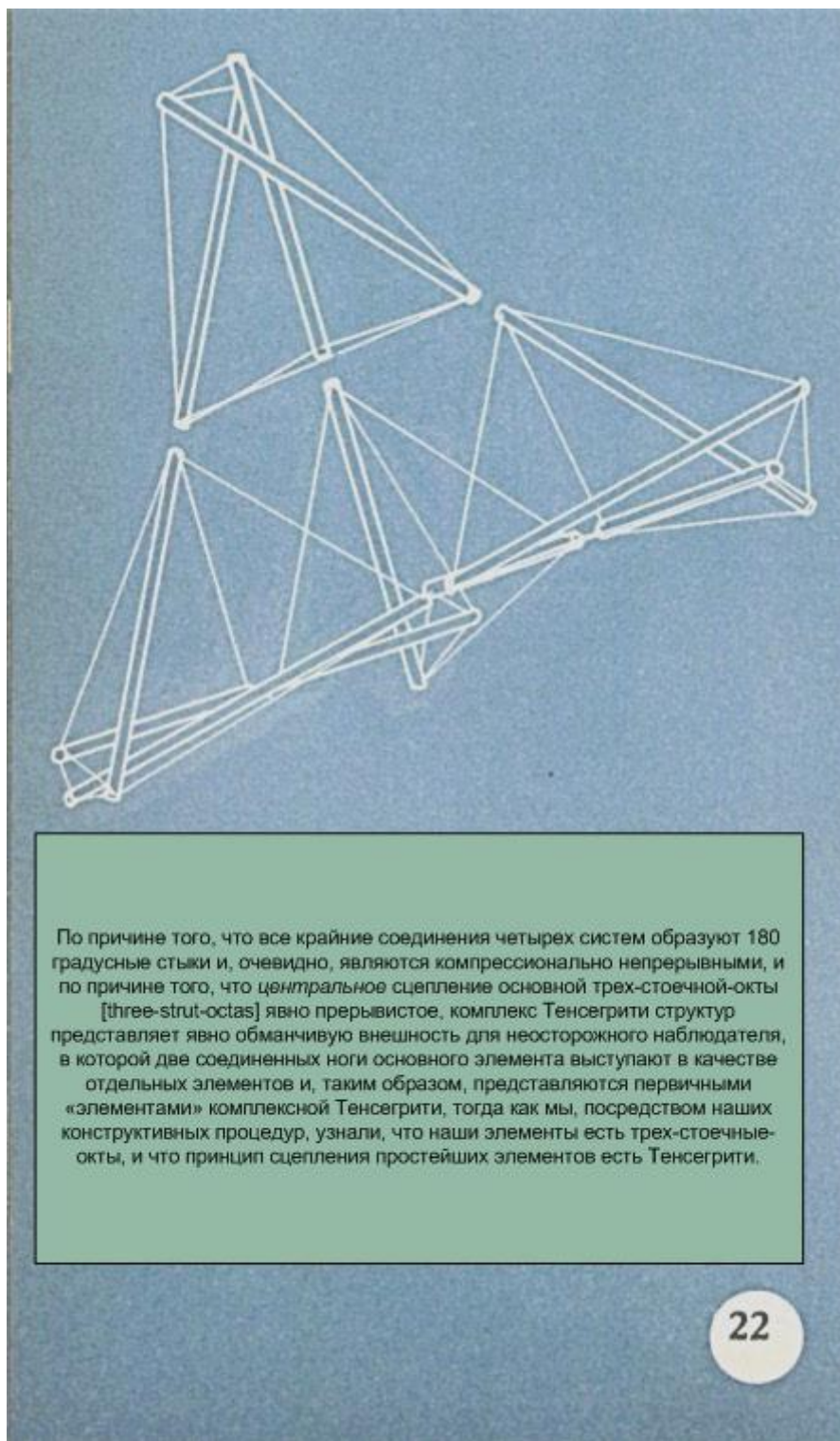


Рис. 23



Рис. 24



Локальные усилители жесткости [stiffeners] оболочки, годные для предпочтительной деятельности, могут иметься в любом структурном центре, через увеличение глубин внутренних-внешних угловых стоек, и локальное структурирование пространственной частоты, равно как через многослойность [multi-layerings] частоты поверхностной фермы – таким образом, через утолщение глубины фермы без весовых обременений. Здесь мы имеем собственную хитрость природы локального усиления жесткости, достигнутой посредством наивысшей частоты «плотно упакованной» структуры локальных хрящей, изотропически собранных в модули, и даже наивысшей частоты локального структурирования кости, как пропорционированного к частоте клеток ткани животной плоти.

Если мы используем гидравлическое давление в локальных островах сжатия для стабилизации размеров, и молекулы газа между молекулами жидкости для локальной сжимаемости, следовательно, гибкости, то мы обнаружим, что наши Геодезические Тенсегрити структуры будут, во всех отношениях, использовать те же самые принципы структурной стратегии, используемые природой во всех ее размерах биологических составов.

Снова рассмотрим некоторые вещи: последовательность технических событий, описанная выше, полностью устраняет старые инженерные концепции относительного увеличения третьей степени веса структур по мере удвоения их размеров. Мы также видим, что Геодезические Тенсегрити осуществляют все сказочные свойства пневматических структур. Они есть истинные пневматические структуры на чистейше разработанных принципах частоты без ущерба случайности и избыточности, добавляющихся к свойственному дизайнерам невежеству (которое, как только что оказалось, было успешным), когда, в зависимости от поведения суб-видимых химических структур, через разделение всех компонентов на два, существенно противопоставленных, класса величин – всех, снаружи связанных вещей, которые слишком велики для того, чтобы пройти через все, внутренне связанные, отверстия сети, находящиеся в классе [вещей], которые слишком малы. Это тот же самый вид избыточности, который обнаруживается в усиленном бетоне, который, будучи просверлен в местах существования избыточных компонентов, обнаружит упорядоченный комплекс четырех первичных величин, октаэдро-тетраэдрическую фермовую сеть, освобожденную от более, чем 50% веса. У Тенсегрити Геодезических сфероидов нет ни одной проблемы замыкания входного давления «твердо-текущих» пневматических воздушных шаров. Давление дискретно локализовано и замкнуто на месте сетью натяжения, следовательно, не могут убежать. Тенсегрити Геодезические сфероиды могут иметь несколько частот одновременно – низкочастотную главную [major] сеть и меньшую [minor] локальную сеть. Если Геодезические Тенсегрити сфероиды имеют полностью высокую частоту второстепенной, или меньшей, сети, для недопущения атмосферных молекул, то они могут быть частично вакуумизированы, следовательно, сделаны воздушно-флотируемыми без внутреннего заполнения горячим воздухом или газом легче воздуха.

По причине прерывистых сжатий, локальные натяжения в системах могут быть методически туго натянуты или ослаблены в Тенсегрити сферах, которые позволяют системе складываться, как на картинках «Летающие Семена» в Вашингтонском Университете, как это видно в статье St. Louis Post Dispatch. Таким образом, структуры могут быть плотно упакованы в сигарообразной форме для доставки ракетой, самолетом, вертолетом или дирижаблем.

Сотношение объемного сжатия в сфере площадью 1000 кв. футов и диаметром наибольшей окружности 36 дюймов, между ее открытым и закрытым состояниями, составляет 3000:1. 500 000 кубических футов объема Геодезической Тенсегрити сферы диаметром в 100 дюймов – с

полностью стабильным управлением средой, структурным ограничителем ходовой части, на которую можно установить вторичные и третичные, регулирующие частоту волн, решетчатоячеистые фермы-уплотнители, для отправки на ракете, или в виде дрона-полетной [drone-flyable], «сигарообразной» транспортной упаковке, в цилиндре 17 футов длиной и 3 футов диаметром.

Существуют Геодезические Тенсегрити структуры, пригодные для лунного или независимого спутникового использования (или любой летающе-семенной компактности и удаленной установки с автоматическим раскрытием), чья закрытая, оболочко-ячеистая, связанность конструкции, и структурно-ячеистая связанность конструкции, имеют фиксированные по размеру величины, соответственно общему линейному стандарту, например, международному метру. Они имеют постоянный коэффициент числа таких компонентов фиксированной величины на взятую единицу пространства локальной поверхности, независимо от размера общей сферы. Это локальное постоянство структурных габаритов и пропорционирования распределения осуществлено посредством умножений частоты модулей в отношении дискретно измеренной иерархии последовательно БОльших по размеру сфер. В таких Тенсегрити сферах вес на единицу пространства поверхности (квадратный фут, например) подходит близко к константе по мере того, как крупные сферы растут еще больше, по причине того, что кубический фут объемного ограждения пришелся на единицу веса (фунты) ограждаемой структуры, быстро увеличивающийся с увеличением общего размера сферы. Конечно, фунты огражденного воздуха на фунты структуры также быстро увеличиваются (что также верно и для нежестких аэростатов). Например, на уровне моря один фунт Тенсегрити структуры диаметром в 100 футов, применим ко всем функциям, здесь рассмотренным, ограждая два с четвертью фунта воздуха. Сто футовая [структура] ограждает 20 тонн воздуха с 9 тоннами структуры, общим измещением в 29 тонн. Каждый фунт для Тенсегрити сферы диаметром в 6 000 футов включает 168 фунтов воздуха, то есть Геодезическая Тенсегрити сфера диаметром 1 1/8 мили (с внутренней экваториальной круговой зоной в 1 квадратную милю, внешней структурной поверхностью в 4 квадратные мили и обхватом в 3,5 км) охватывает около 5 млн. тонн воздуха – лишь с 56 тыс. тонн структуры («Королева Мария» [трансатлантический лайнер]: 81 237 тонн). 1 1/8 мили составляет всего 1% веса ее воздушного груза. Поэтому лишь незначительное снижение внутреннего давления воздуха (в последнем случае под 5%), незначительного для его структурного потенциала, также снизит валовое атмосферное измещение Тенсегрити в 1 1/8 мили до того состояния, чтобы заставить ее плыть в сторону от Земли – до различных высот внутри земной атмосферной оболочки, пропорционально внутреннему процентному снижению содержащегося воздуха. Будучи частично освобожденной от воздуха и заполненной гелием, она сможет плавать на значительных высотах и оставаться плавучей, за исключением более длительных периодов медленной утечки, даже если будет полна отверстиями от выстрелов, а внутренние газы не будут находиться под давлением, то есть стремиться убежать (каковыми они будут в случае ускоренного гравитацией разрушения гибко-оболочкового аэростата хорошо известного до-Тенсегрити типа).

Кроме того, поскольку тепло есть энергетическая деятельность молекул в геометрическом структурировании, видно, что, в то время, как удвоение диаметра Тенсегрити сфер восьмикратно увеличивает содержащееся молекулярное население (будучи представленным постоянством [оппозиции] внутреннего и внешнего давления), имеется лишь четырехкратное увеличение общей поверхности оболочки структуры. То есть, с каждым удвоением размера существует лишь половина такой же площади поверхности от того, что раньше приходилось на единицу молекулы, следовательно, лишь половина ранее доступной площади пространства внешней оболочки, через которую оказывается воздействие соответствующих молекулярных теплопотерь за счет

теплопроводности оболочки, и вторичного излучения последней наружу из системы. Следовательно, чем больше Тенсегрити, тем более стабильна ее тепловая целостность, или суммарная энергетическая целостность, то есть ее относительный фактор способности к энергосбережению. Вследствие вышеизложенного, видно, что когда очень крупные Тенсегрити сферы подвергаются воздействию солнечных лучей, они могут быть сделаны таким образом, чтобы легко задерживать частоты тепловых волн, так что выпуклость внутреннего пространства против Солнца будет отражать некоторое количество тепла назад, внутрь, к центру сферы. Это расширяет молекулярное структурирование областей, и поскольку таким образом давление изгоняет через односторонние клапаны оболочки различные проценты воздушно-молекулярного населения, тем самым уменьшая измещение общего веса упаковки Тенсегрити, сфера уплывет наружу, в атмосферу.

Такое рассмотрение было бы совершенно невозможно до многообразного структурного снижения веса, однозначно возникающего в синергетически удивительном поведении Геодезической Тенсегрити сферы. Также видно, что, по мере того, как сферы становятся все крупнее и крупнее, вторичное наложение веса полезной аппаратуры почти незначительно и несущественно для общей плавучести.

Технологический прорыв

При обсуждении ряда характеристик Геодезических Тенсегрити, которые не имеют непосредственно очевидной связи с событиями за пределами земной атмосферы, определенное ознакомление вызвано предположительностью начинаний, не имеющих никаких прецедентов. Учет этого ранее не учитываемого структурного дизайна земли-среды, и потенциала его реализации, способствует более ясному пониманию широкого экономического и промышленно-логистического стратегического прорыва, который был открыт посредством Геодезических Тенсегрити.

Полная теория структур одновременно изменена и чрезвычайно расширена, и осуществлена посредством моего введения математически скоординированных и всеобъемлюще действенных прерывисто-сжатых, непрерывно-натянутых, структурных систем, как неотъемлемо присущих Синергетической Энергетической геометрии и все-рациональности ее векторной, следовательно, энергетической, полезности.

Этот прорыв приходится на извечное, всеобъемлющее появление, и конвергенцию, несметного числа всемирных технико-экономических, эволюционных реализаций, первоначально инициированных лишь в исключительные, редкие моменты чисто поэтических прозрений человека, как эфемерно и лишь тонко признанных в качестве «может быть», после чего выношенные также полным кругом непреднамеренных, второстепенных или случайных признаний человеком.

Вместе с главным габаритным расширением, в свободных средствах управления средой, которые автоматически самоустанавливаются в удаленных, ракетодостижимых, местах, вполне может быть практичной и возможной установка в пределах гигантских Тенсегрити всех составляющих явления, входящего в регенеративные циклы комплементарного химического структурирования событий, управляющего локальным балансом обмена кислородных и углеродных молекул, поочередно благоприятных для соответствующих обменных условий животных и растений.

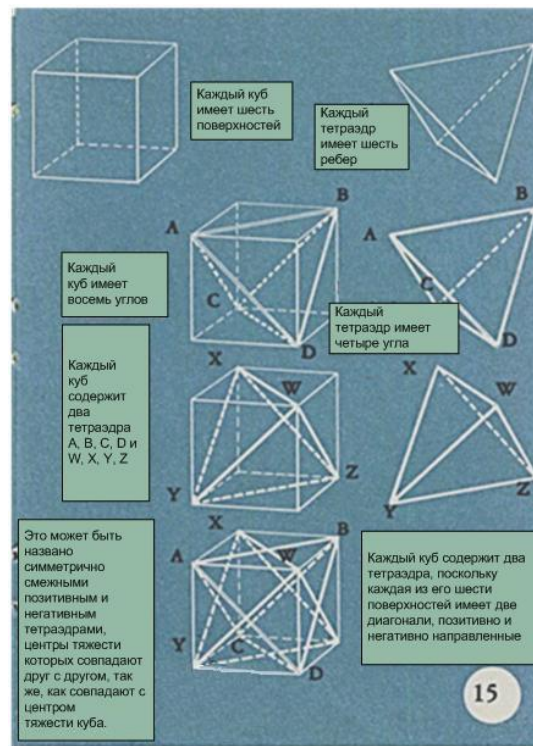
Тенсегрити сфера, соответствующим образом покрытая оболочкой, может быть упаковкой, свернутой в капсулу для транспортировки ракетой и выпуска за пределами Земли, с автоматизированным раскрытием. Так что, если все еще в пределах гравитационной области Земли она вернется к атмосферной оболочке как пинг-понговый мячик, брошенный в океан, то, замедляясь при приближении падения без трения до тонкого равновесия, будет плавать вокруг внешней атмосферной поверхности, как корабль на море, постепенно протекая и опускаясь, только если ячейки ее решетчатой оболочки не будут всюду меньше молекул воздуха. Если такая Тенсегрити имеет достаточные размеры, то ей может быть придана устойчивость за счет балласта, содержащего существенно важные для человека средства деятельности и аппараты, и быть реактивно движимой в рамках контроля направления для последовательного позиционирования. Это может занять не большие 100 футов Тенсегрити, обладающей приемлемой для человека концентрацией воздуха, без существенной потери высоты.

Турбинирование, натянуто-переплетающиеся соединения Геодезических Тенсегрити сфероидов, также уменьшают вершинные взаимопереплетающиеся [interferences] структуры, объяснение чему заключается в следующем:

Когда фотокопия выполнена из множества линий, пересекающихся примерно в одной точке, видно, что существует размытость или выходящие вместе линии возле одной точки, вызывая паутинообразную тень между сходящимися линиями, даже если они отчетливо натянуты. Это вызвано преломляющим изгибом световой волны. Когда массы, состоящие из физических линий, сходятся в критической близости, относительное сопротивление ходу световой волны в окрестности точки возрастает из второй степени относительной близости, умноженной на коэффициент относительной массы плотности. Сферические Геодезические Тенсегрити структуры устраняют тяжелые сегменты сжатых элементов в непосредственном соприкосновении их концов, следовательно, удерживают тяжелую массу соответствующих сжатий за пределом критических близостей. Поскольку вершинные соединения являются полностью натяженными, масса сегментов сведена к минимуму, и увеличение частоты обеспечивает коэффициент кубического корня уменьшения сегмента относительно каждой удвоенной частоты. Таким образом, очень большие или маленькие Геодезические Тенсегрити сфероиды могут быть разработаны с аппроксимированным исключением всех микроволновых помех [interferences] – без того, чтобы каким-либо образом ослабить их структурную пространственную стабильность.

Таким образом, доступно и очевидно [patent], что Геодезически Тенсегрити сфероиды могут быть размещены на позициях в космосе, вокруг Земли или внутри земной атмосферы для обеспечения важных элементов управления локальной средой, эффективно благоприятных для внутреннего биологического или инструментального функционирования, и на очевидно наивысшем [уровне] эффективности фундаментальной структурной способности на единицу веса, времени и энергии, в них вложенных.

Рис. 15



Другие изображения

Рис. 25

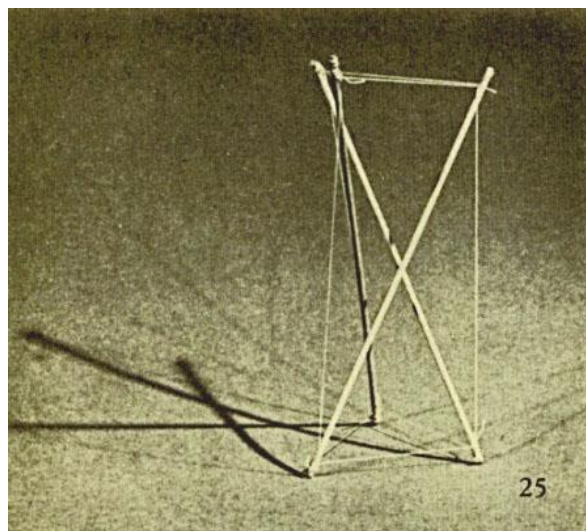


Рис. 26

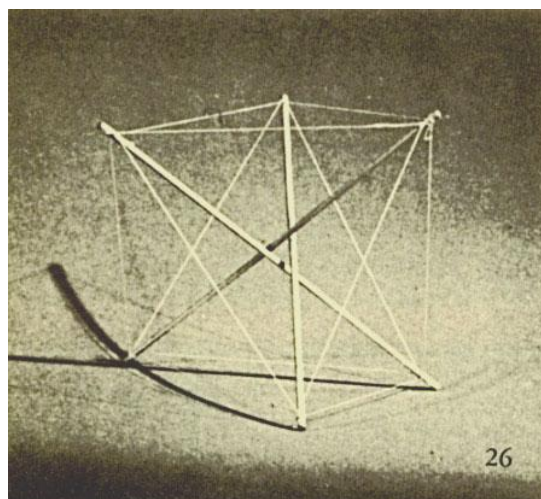


Рис. 27

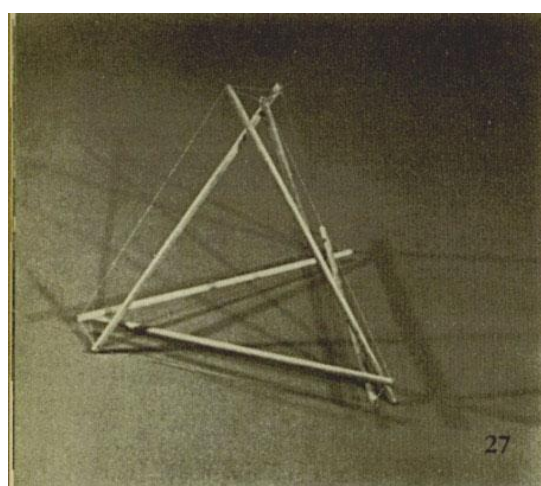


Рис. 28

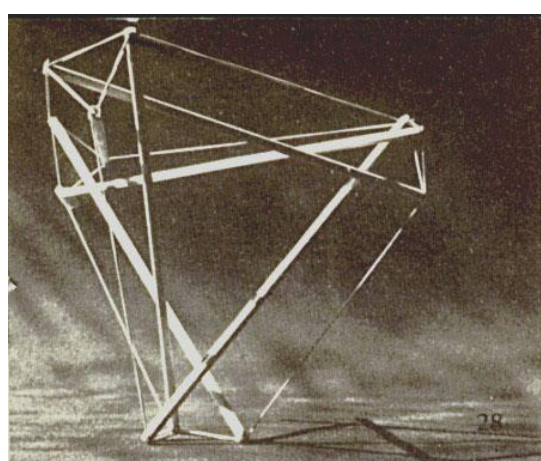


Рис. 29

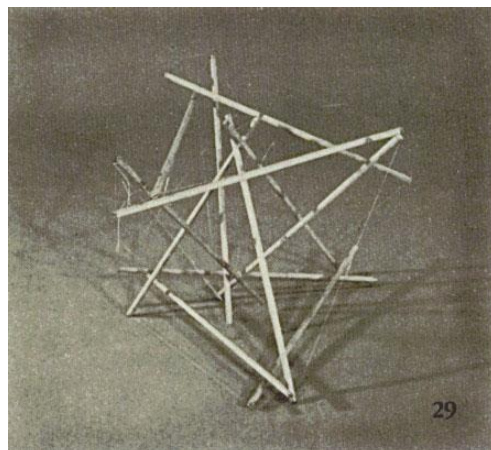


Рис. 30

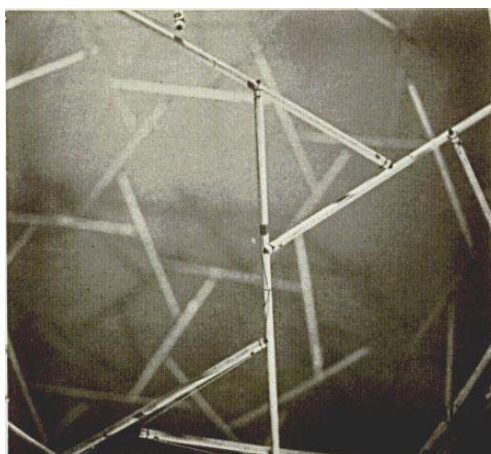


Рис. 31

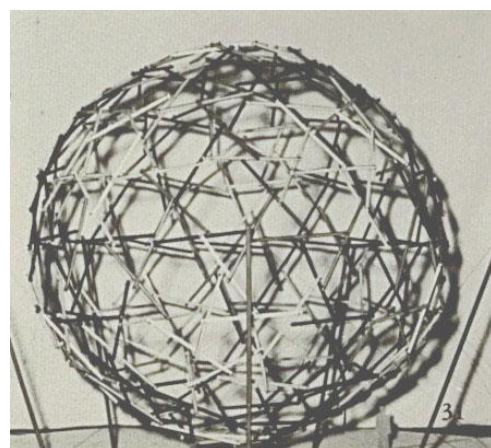
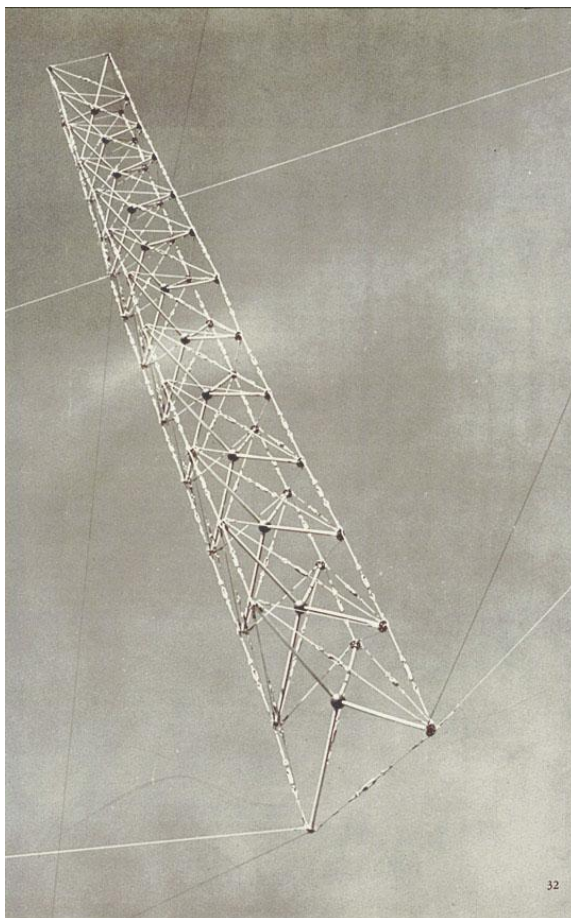


Рис. 32



Перевод:
© Дмитрий Алексеев
<http://www.dalekseev.ru/>